



**Luísa Manuel de
Sousa Pereira
Azeredo**

**Mobilidade elétrica - Sistema de venda de
energia por SMS**



**Luísa Manuel de
Sousa Pereira
Azeredo**

**Mobilidade elétrica - Sistema de venda de
energia por SMS**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação científica de José Paulo Oliveira Santos, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

O júri / The jury

Presidente / President

Professora Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho
Professara Auxiliar da Universidade de Aveiro

Vogais / Examiners committee

Professor Doutor Rui Manuel Escadas Ramos Martins
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro (Arguente Principal)

Professor Doutor José Paulo Oliveira Santos
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro (Orientador)

Agradecimentos / Acknowledgements

Gostaria de deixar o meu especial agradecimento a todos, que direta ou indiretamente, permitiram e colaboraram para o desfecho desta formação académica.

Ao meu orientador, Professor Doutor José Paulo Santos, pela confiança e apoio que sempre prestou ao longo deste projeto.

Aos meus pais, Manelzinho e Guidinha, a oportunidade que me deram para prosseguir os meus estudos e apoio incondicional nos melhores e piores momentos de todos os anos da minha vida. Um muito obrigada por tudo.

À minha irmã, Joana, o apoio e o carinho que sempre me deu ao longo desta longa caminhada, permitindo desde muito cedo o sucesso em toda a formação académica.

Ao meu melhor amigo, Rui, por toda a atenção, paciência, carinho e apoio que sempre demonstrou, em todos os momentos, sendo uma forte contribuição para ultrapassar todos os obstáculos.

Aos meus amigos de mecânica e aos meus colegas de laboratório pela amizade, companheirismo e espírito de entreaajuda ao longo de todo este tempo. Juntos passámos momentos de grande diversão, assim como contribuímos para o sucesso de cada um de nós.

A todos um MUITO OBRIGADA!

Palavras Chave

Medição, Carregamento, Veículo Elétrico, Analógico, PIC-GSM, Microchip PIC, PHP, HTML5

Resumo

Com o constante aumento dos preços do petróleo e dos seus derivados, assim como a sua crescente escassez, as soluções a curto prazo passam pela utilização de veículos com diferentes meios de propulsão, entre eles os motores a hidrogénio e os motores elétricos. A evolução tecnológica observada nos últimos anos na área dos veículos elétricos e o previsível aumento do número de veículos, não foi acompanhado pelo aumento de postos de abastecimento, existindo uma importante área do país onde, ainda não é possível abastecer o automóvel. Outro obstáculo, é o processo de compra de energia nos postos existentes ser demorado, uma vez que necessitam de um prévio registo do utilizador para adquirir o cartão para a compra de energia.

O documento apresentado, contém os detalhes acerca de um projeto que consiste na criação de um protótipo para abastecimento de veículos elétricos, o qual oferece ao utilizador a possibilidade de requisitar quantidades de energia através de um SMS, e consultar todos os consumos efetuados no posto de abastecimento através de um navegador de Internet. A utilização de página Web possibilita a visualização de conteúdos referidos no navegador em quase todos os telemóveis de nova geração, bem como em tablet e computadores.

Tendo em conta que o sistema deveria ser de baixo custo e com resultados práticos próximos de alguns modelos dispendiosos existentes no mercado, recorreu-se a componentes de baixo custo. Este projeto permite assim a requisição de energia através de uma SMS, com registo de dados numa página Web do posto de abastecimento.

Keywords

Measurement, Charger, Electric Vehicle, Analogic, PIC-GSM, Microchip PIC, PHP, HTML5

Abstract

With the lack and constant increasing prices of fossil fuels, short-term solutions result in the use of different types of propulsion such as, hydrogen or electric motors.

The technological evolution in electric vehicles, on the passed few years, and its predictable rising number, were not followed by the number of charging stations. Therefore, there are some important areas that do not allow an electric vehicle to charge. Existing charging stations require a prior user registration to get a card for energy purchase, which makes all the process slow.

The document here presented, contains details about a prototype created for electric vehicles supply offering, the user, the possibility, to require energy through a SMS and to consult user consumptions, on every charging station, through a Internet browser. Web page usage, allows the content visualization in all smartphones and tablets.

Given that the system should be low-cost and with results close to some existing expensive models on the market, used low-cost componentes. This project allows the purchase of energy through a SMS, with data register on a Website for the charging station.

Conteúdo

Conteúdo	i
Lista de Figuras	iii
Lista de Tabelas	v
Acrónimos	vii
1 Introdução	1
1.1 Contexto	1
1.2 Problema a resolver	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Organização	4
2 Estado de Arte	5
2.1 Veículo Elétrico	5
2.2 Legislação associada à implementação do posto de abastecimento	6
2.3 Tecnologias de abastecimento	7
2.3.1 EFACEC	7
2.3.2 EV Solutions	8
2.3.3 Charge Point	9
2.4 Empresas de Monitorização Gestão de postos públicos	10
2.4.1 MOBI.E Mobilidade Elétrica	10
2.4.2 Essent	11
2.4.3 Wattstation	12
2.5 Projetos Relacionados	13
2.5.1 "Electric vehicle charging infrastructure in Poland" [Benysek and Jarnut, 2012]	13
3 Solução Proposta	15
3.1 Perspetiva Geral	15
3.2 Funcionalidades do sistema	16
3.3 Restrições	16
3.4 Apresentação da solução	16

4	Implementação do Posto de Abastecimento	21
4.1	Arquitetura do Sistema	21
4.1.1	Módulo 1	21
4.1.2	Módulo 2	22
4.1.3	Módulo 3	23
4.1.4	Conclusão	24
4.2	Módulo 1- Controlo da passagem da corrente elétrica	25
4.3	Módulo 2 - Medição da Energia	26
4.3.1	Medição da Corrente	26
4.3.2	Medição da Tensão	29
4.3.3	Microcontrolador	31
4.4	Módulo 3 - Modem GSM/GPRS	36
4.4.1	Comunicação RS232	36
4.4.2	Comunicação TCP/IP	37
4.5	Síntese protótipo	40
5	Implementação do Sistema de Monitorização	43
5.1	Base de dados MySQL	44
5.2	Página WEB	45
6	Conclusões e Trabalho futuro	53
6.1	Conclusões	53
6.2	Trabalho Futuro	54
	Bibliografia	55
	A Diagramas	59
	B Esquemas Elétricos	69

Lista de Figuras

1.1	Utilização de Veículos Elétricos nos países da Europa.[Automotive]	1
1.2	Crescimento Global dos postos de abastecimento de veículos elétricos.[Research]	3
2.1	Carregamento do veículo elétrico.[Reis, 2010]	6
2.2	Exemplos de postos de abastecimento da EFACEC.[EFACEC]	8
2.3	Exemplos de postos de abastecimento da EV Solutions.[Solutions]	9
2.4	Aplicação de carregamento da Charge Point.[Point]	10
2.5	Aplicação de apoio MOBIE. [Reis, 2010]	11
2.6	Funcionamento do <i>Microincasso</i> . [Microincasso]	12
2.7	Aplicação para <i>Smartphone</i> da <i>Wattstation</i> . [Wattstation]	13
2.8	Sistema de carregamento de VE na Polónia. [Benysek and Jarnut, 2012]	13
2.9	Protótipo desenvolvido. Legenda: D- ecrã, CM - módulo de comunicação bidirecional, CPU- unidade de processamento central, AC- Modulo de controlo de acesso, P- proteção, M- medidor de energia, S- estado de leitura. [Benysek and Jarnut, 2012]	14
3.1	Diagrama da solução proposta.	17
3.2	Fluxograma da solução proposta.	18
4.1	Propostas para o Módulo 1.	22
4.2	Propostas para o Módulo 2.	23
4.3	Proposta para o Módulo 3	24
4.4	Diagrama dos módulos existentes.	25
4.5	Módulo 1 - Controlo da passagem da corrente elétrica.	26
4.6	Efeito de Hall.[Electronics, 2014]	26
4.7	Comparação de transdutores	27
4.8	Circuito representativo do tratamento dos sinais da corrente	28
4.9	Transdutor de tensão LV25-P da LEM [LEM, 2014b]	30
4.10	Circuito representativo do tratamento dos sinais da corrente	31
4.11	Esquema geral do microcontrolador	32
4.12	Potências.	33
4.13	Ordem de leitura das entradas analógicas.	35
4.14	Diagrama de envio/receção de SMS com carregamento.	37
4.15	Diagrama do envio de dados para a página web	39
4.16	Diagrama do processo do carregador	40
4.17	Prototipo - Vista exterior	41
4.18	Prototipo - Vista interior	42

4.19	Teste de envio de mensagem para o protótipo.	42
5.1	Módulo da Monitorização	43
5.2	Código PHP para inserção de valores na base de dados.	44
5.3	Estrutura da base de dados.	44
5.4	Ícone da página.	45
5.5	Página principal E.Charger.	46
5.6	Página para fazer registo.	48
5.7	Caixa de aviso de registo efetuado.	48
5.8	Página do cliente	49
5.9	Página para fazer <i>Login</i>	50
5.10	Página de administrador.	51
5.11	Pesquisa por cliente.	52
5.12	Página Sobre o projeto criado.	52
5.13	Página com o Contacto do projeto.	52
A.1	Diagrama de comandos em ciclo normal.	61
A.2	Diagrama de envio/recepção de SMS quando há erros.	63
A.3	Vetor Interrupção do Pic 18f97J60	65
A.4	Diagrama geral do Pic 18f97J60	67
B.1	Esquema representativo de montagem módulo Triac	71
B.2	Esquema representativo de montagem do transdutor de tensao	73
B.3	Esquema representativo de montagem do transdutor de corrente	75

Lista de Tabelas

4.1	Comparação entre transdutores de corrente	27
4.2	Características do transdutor LV25-P	29
4.3	Comandos AT para envio e recepção de SMS.	36
4.4	Comandos AT para a comunicação TCP/IP	38

Acrónimos

A Ampere

API Application Programming Interface

APN Access Point Name

AC Corrente Alternada

DC Corrente Contínua

EV Veículo elétrico

GPS Global Positioning System

GPRS General Packet Radio Service

GSM Global System for Mobile Communications

HEV Veículo elétrico híbrido

HTML Hypertext Markup Language

Hz Hertz

I_{ef} Corrente efetiva

IP Internet Protocol

kwh quilo-watt-hora

LCD Liquid Crystal Display

Q Potência Reativa

QR Quick Response

Pact Potência Ativa

PCB Printed Circuit Board

PDP Packet Data Protocol

P_{inst} Potência Instantânea

PLC Programmable logic controller

S Potência Aparente

SIM Subscriber Identity Module

SMS Short Message Service

TCP Transmission Control Protocol

UART Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

URL Uniform Resource Locator

V Volt

VAR Volt - Ampere reativo

VA Volt - Ampere

Vef Tensão efetiva

W Watt

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contexto

A nível internacional, todos os países têm assistido a uma revolução no setor energético. Esta revolução assenta na flutuação dos preços dos combustíveis fósseis, nas alterações climáticas, no esgotamento das fontes energéticas e, mais recentemente, nos impactos oriundos da crise financeira global que obrigou a uma mudança de atitude perante a forma como se abordarão as questões energéticas no futuro.

A dependência do petróleo e o impacto ambiental daí resultante, conduziu a uma aposta numa diversificação energética para a mobilidade que visam a melhoria da qualidade de vida das populações e a redução da fatura energética nacional. O principal objetivo passa por contribuir para a mobilidade sustentável, maximizando as vantagens e integrando as energias renováveis como alternativa aos combustíveis fósseis. Daí, as soluções a curto prazo passam pela utilização de veículos com diferentes meios de propulsão, entre eles os motores a hidrogénio e os motores elétricos. Na Figura 1.1, pode-se observar a percentagem de utilização de veículos

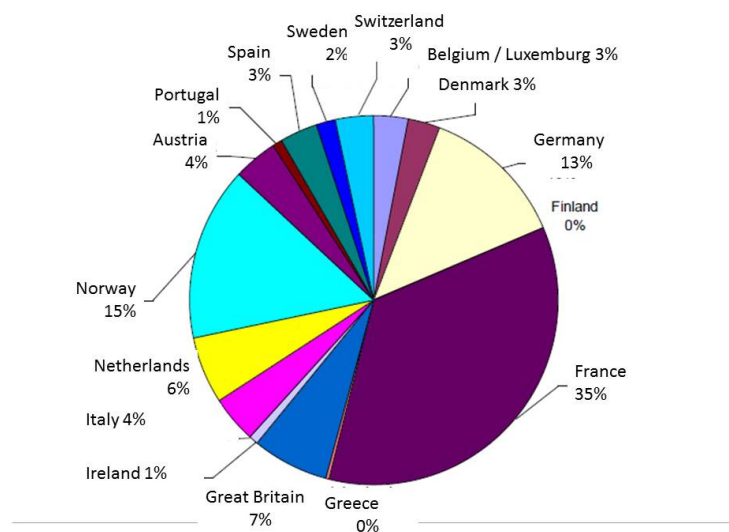


Figura 1.1: Utilização de Veículos Elétricos nos países da Europa.[Automotive]

elétricos nos países da Europa no ano de 2013. No entanto, em Portugal essa percentagem é bastante reduzida.

Existem dois fatores que têm vindo a limitar a massificação dos veículos elétricos, a sua reduzida autonomia e o seu preço, quando comparados com a dos veículos de combustão interna. Como forma de compensar a reduzida autonomia, é necessário continuar a progredir em dois níveis: ao nível do veículo é necessário evoluir a tecnologia das baterias atuais bem como os sistemas de gestão energéticos internos, ao passo que a nível de apoio ao veículo é necessário ampliar as redes nacionais de postos de carregamentos, bem como técnicas de gestão que permitam aproveitar a rede elétrica. As novas tecnologias, em particular as tecnologias de comunicação, aparecem como suporte às soluções que podem ser desenvolvidas para resolver estes problemas na medida em que permitem uma otimização da gestão local (e mesmo nacional) bem como da gestão da produção e do consumo.

1.2 Problema a resolver

Como foi referido anteriormente, um dos grandes obstáculos aos carros elétricos centra-se na infraestrutura de carregamento bem como a escassez da sua rede. Segundo um estudo da *Pike Research* realizado em 2010(Figura 1.2) os postos de abastecimento para veículos elétricos tenderiam a aumentar na Europa, especialmente na parte Oeste. No entanto, com a crise económica existente, com especial destaque em Portugal, tal evolução não se verificou, como se pôde verificar na Figura 1.1. Este resultado pode ser derivado à dificuldade que a população portuguesa tem em abastecer os seus veículos elétricos (VE). “A disponibilidade de carregamento é um dos principais obstáculos à difusão do VE. Mais de 60% dos agregados da Área Metropolitana de Lisboa não têm possibilidade de carregar o VE em casa, o que significa que, para terem um VE, teriam que estar dispostos a aceitar as limitações e a incerteza decorrentes de poderem carregar o automóvel apenas no emprego (se fosse esse o caso) ou nos postos de carregamento públicos. Este obstáculo só poderá ser superado quando existir uma rede de postos de carregamento públicos de tal forma extensa e densa que não exista essa incerteza.” [Barbosa, 2012a]

Para resolver esse paradigma, o Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia de Portugal, desenvolveu em Setembro de 2014 o Compromisso para o Crescimento Verde, que visa manter o crescimento económico com menor consumo dos recursos naturais, mantendo a qualidade de vida da população. E no que toca ao apoio à mobilidade elétrica, um dos compromissos é "Promover a mobilidade elétrica, alargando e introduzindo maior concorrência na rede pública, privilegiando os modos de carregamento nas habitações e nos locais de trabalho e concretizando programas de mobilidade sustentável na administração pública (até 2020, introduzir 1250 viaturas elétricas e híbridas *plug-in* nos serviços do Estado e concretizar sistemas de gestão de frotas - car *pooling*)."[Portugal, 2014]

Por isso, a solução indicada para aumentar a rede de postos de carregamento, seria a elaboração de postos com um reduzido preço de compra e de implementação, que fizesse face à reduzida rede de abastecimento em Portugal que proporcionaria o aumento da compra de veículos elétricos.

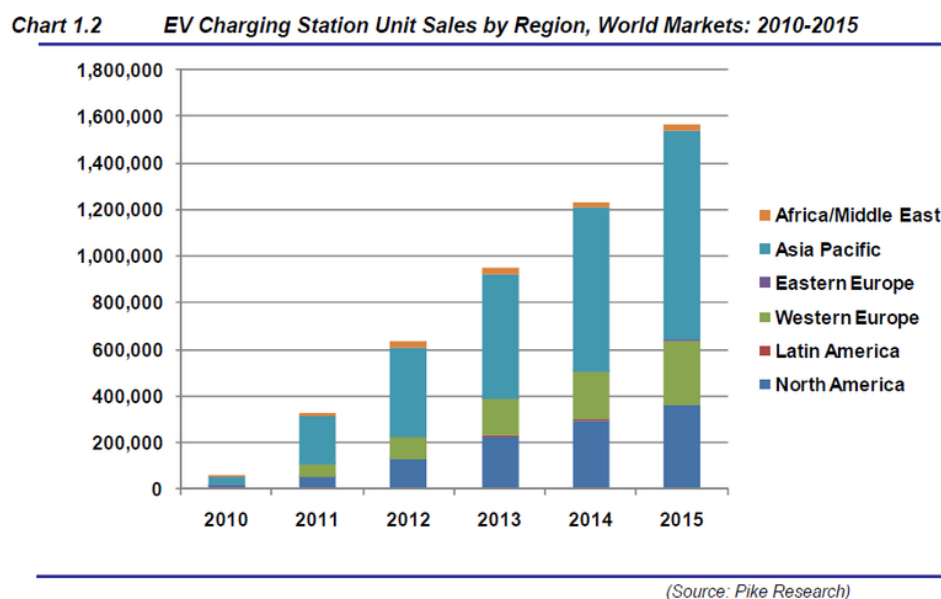


Figura 1.2: Crescimento Global dos postos de abastecimento de veículos elétricos.[Research]

Outro problema existente na rede de abastecimento de veículos elétricos em Portugal, preside particularmente de como é efetuado o pagamento do serviço. Atualmente, a rede nacional é constituída por postos que apenas permitem ao utilizador o pagamento com um cartão pré-pago da empresa. Esse cartão para ser utilizado, exige necessariamente um prévio registo na rede de abastecimentos para que seja enviado por correio o respetivo cartão. Neste caso, impossibilita um novo utilizador de um veículo elétrico de o carregar num posto público prontamente.

Conclui-se assim que existe uma elevada urgência para que seja desenvolvido um posto de abastecimento que faça frente a este paradigma.

1.3 Objetivos

O trabalho a realizar nesta dissertação tem como objetivo, como foi referido anteriormente, aumentar a rede nacional de postos de abastecimento bem como melhorar o sistema de aquisição dessa energia. Assim, torna-se necessário criar um modelo de fácil implementação, que permita a sua instalação e utilização em qualquer ponto do país de forma rápida e segura.

Pretende-se que seja um modelo com um custo de implementação baixo, para se poder aumentar a rede de abastecimento, de forma fácil com a sua implementação num simples poste de iluminação pública, por exemplo. Outro objetivo, é ultrapassar o problema dos postos existentes no momento, alterando o método de pagamento. Uma vez que na população portuguesa o uso de telemóvel é muito frequente, uma solução viável seria o pagamento feito por uma simples SMS, facilitando o acesso do utilizador aos mesmos. Esta solução permitiria também a que qualquer turista pudesse utilizar o posto.

Espera-se que este novo equipamento venha acompanhado de um *website* para que o utilizador possa consultar os seus consumos mensais junto deste postos de abastecimento.

1.4 Organização

Em termos gerais, a estrutura da presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos.

O primeiro capítulo é composto pela Introdução. Nesta fase inicial, apresento a temática em estudo, os respetivos objetivos e âmbito do protótipo desenvolvido, e dão-se a conhecer as principais motivações que conduziram à seleção do tema e das questões subordinadas ao mesmo. Por outro lado, procura-se enquadrar a problemática associada ao produto a desenvolver, o problema existente atualmente no mercado português e a procura de uma solução viável para este paradigma.

No segundo capítulo, é desenvolvido o Estado de Arte. Nesta fase, enquadro os conceitos inerentes a este protótipo, como o veículo elétrico e o modo de abastecimento deste. É feita uma ligeira abordagem pela legislação necessária para colocar um produto desenvolvido no mercado português. Apresento as diversas tecnologias existentes já no mercado bem como aquelas em estudo, tanto no meio académico como no meio empresarial, bem como alguns dos web sites ou aplicações para *smartphones*, desenvolvidos para apoio desses meios de abastecimentos de veículos elétricos por algumas empresas.

O terceiro capítulo é constituído pela Solução Proposta. Na primeira fase, é procurada uma solução tendo em vista à problemática referida na Introdução bem como todas as tecnologias já existentes mencionadas no Estado de Arte. São abordadas as funcionalidades e restrições que o equipamento a desenvolver deve ter. Por fim é apresentada a solução proposta, bem como a sua arquitetura.

No quarto capítulo denominado por Implementação do posto de abastecimento, como o nome indica são apresentados os módulos inerentes ao hardware, bem como os cálculos e as justificações das escolhas feitas.

No quinto capítulo é a apresentado a Implementação do sistema de monitorização, onde é elaborada a página web e a base de dados de apoio ao protótipo desenvolvido, tendo em consideração o lado do utilizador e o lado da administração do produto.

No sexto capítulo é feito a abordagem à análise do protótipo bem como às Conclusões deste. Também é apresentado o trabalho futuro que consiste no que poderá ser feito no seguimento deste projeto.

Capítulo 2

Estado de Arte

Neste capítulo é apresentado o atual estado da arte, tendo em conta o problema apresentado no capítulo anterior. No início serão identificados alguns aspetos a ter em conta relativamente aos veículos elétricos e a sua constituição interna de forma a se obter uma perspetiva dos seus constituintes. Seguidamente será levantado o estudo a nível de soluções e características para o carregamento dos veículos elétricos e por fim as tecnologias e soluções existentes a nível de comunicações que podem ser implementadas num sistema de carregamentos de veículos elétricos.

2.1 Veículo Elétrico

Os veículos elétricos podem ser classificados de acordo com as fontes de energia para movimentar o veículo. Basicamente, existem dois tipos: veículo elétrico a bateria (EV), ou seja, a única fonte de energia é a bateria elétrica, e o veículo elétrico híbrido (HEV), possuindo um motor de combustão interna (gasolina ou diesel) e um conjunto de baterias químicas mais acionamento ou conversor de potência e motor elétrico.[Escola]

Na arquitetura do veículo elétrico destacam-se quatro pontos essenciais:

- Motor elétrico, que se pode dividir essencialmente em dois tipos: corrente contínua (DC) e corrente alternada (AC).
- Sistema de controlo, que é o responsável pela gestão de energia entre a bateria e o motor, sendo que o sistema disponibiliza a energia mediante as necessidades do motor. O sistema de controlo também é responsável pelo funcionamento do motor durante a travagem regenerativa, garantindo que o motor passa a funcionar como um gerador.
- Bateria, que é onde fica armazenada a energia elétrica, que é disponibilizada ao veículo consoante as suas necessidades.
- Sistema de travagem. Durante a travagem, o motor funciona como um gerador, carregando desta maneira a bateria, o que permite aumentar a autonomia. Este funcionamento denomina-se a travagem regenerativa.

Para carregar um veículo elétrico é necessário ligá-lo à corrente elétrica. O tempo de carga varia, dependendo do tipo de carga (rápida/lenta) e da capacidade e tensão/corrente do carregador.

O carregamento convencional dos veículos elétricos é feito com recurso a um cabo, podendo distinguir-se 2 tipos de carga, lenta/normal e rápida (Figura 2.1):

- Carga lenta/normal

Através da tensão de 220 V é possível carregar totalmente as baterias de um veículo elétrico entre seis a oito horas. Este método é indicado para os utilizadores carregarem o seu veículo durante a noite, aproveitando assim a energia proveniente de fontes de energia renováveis e o acesso a tarifas mais económicas, bem como em locais próximos do emprego. Neste tipo de carga, a corrente pode variar de 16A a 32A.

- Carga rápida

Utilizando tensões de 400 V e uma corrente aproximada de 100A, consegue-se carregar uma bateria de 20 kWh em vinte a trinta minutos, dependendo da corrente disponível. Este método é indicado para postos de carregamentos localizados em centros comerciais, parques de estacionamento e postos de carregamento rápido específicos para o efeito.

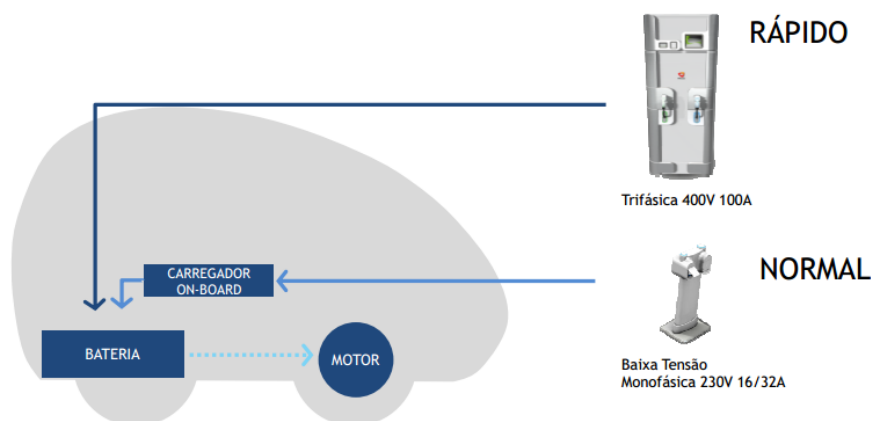


Figura 2.1: Carregamento do veículo elétrico.[Reis, 2010]

2.2 Legislação associada à implementação do posto de abastecimento

Para a elaboração de postos de abastecimento de veículos elétricos, foram criadas legislações e normas que têm de ser cumpridas. A norma europeia existente para este tipo de produto é a EN/NP61851 – Sistema de carga para veículos elétricos, que define como deve ser feito o carregamento de um veículo elétrico e em que condições. No entanto, o governo português criou alguns regulamentos para além da norma europeia, que caso surja o interesse de comercializar este produto em Portugal, têm de ser consideradas. De seguida são demonstrados os mais relevantes para este caso:

- Portaria n.º 1201/2013, de 29 de Novembro, estabelece os requisitos técnicos a que fica sujeita a atribuição de licença para o exercício da atividade de operação de pontos de carregamento da rede de mobilidade elétrica;

- Portaria n.º 1202/2010 de 29 de Novembro, estabelece os termos aplicáveis às licenças de utilização privativa do domínio público para a instalação de pontos de carregamento de baterias de veículos elétricos em local público de acesso publico;
- Portaria n.º 1232/2010, de 9 de Dezembro, fixa o valor das taxas devidas pela emissão das licenças de comercialização de eletricidade para a mobilidade elétrica e de operação de pontos de carregamento, bem como da taxa de inspeção devida pela realização de inspeções periódicas;
- Portaria n.º 173/2011 de 28 de Abril, estabelece as condições mínimas, os limites de capital e riscos cobertos pelo seguro obrigatório de responsabilidade civil por danos causados no exercício da atividade de comercialização de eletricidade para a mobilidade elétrica;
- Portaria n.º 252/2011 de 27 de Junho, estabelece as normas técnicas para instalação e funcionamento de pontos de carregamento normal em edifícios e outras operações urbanísticas.

2.3 Tecnologias de abastecimento

De seguida são apresentadas as soluções comerciais existentes no mercado, ou seja, é feita uma breve descrição dos tipos de carregadores existentes bem como algumas das estações de carregamento existentes.

2.3.1 EFACEC

A EFACEC consiste numa empresa portuguesa que desenvolve, para além de outras tecnologias, postos de abastecimento para veículos elétricos. Atualmente, os existentes em Portugal na via pública são produto desta empresa.

Para o tipo de carregamento rápido, a EFACEC apresenta o *Quick Charger* (Figura 2.2). Consiste num carregador de corrente contínua que pode ser utilizado para carregar todos os veículos elétricos, que permite um carregamento de 80% em 30 minutos. Este equipamento esta desenvolvido para corrente continua, no entanto está disponível como opção uma corrente alternada de 43kVA. As suas características essenciais são:

- Voltagem: 400V
- Frequência: 50/60Hz
- Corrente: 73 A
- Fator de potência: 0,98

Para efetuar o pagamento do serviço, a empresa dispõem de instalação de leitura para cartões RFID, que necessita de um prévio registo na empresa para a sua aquisição.

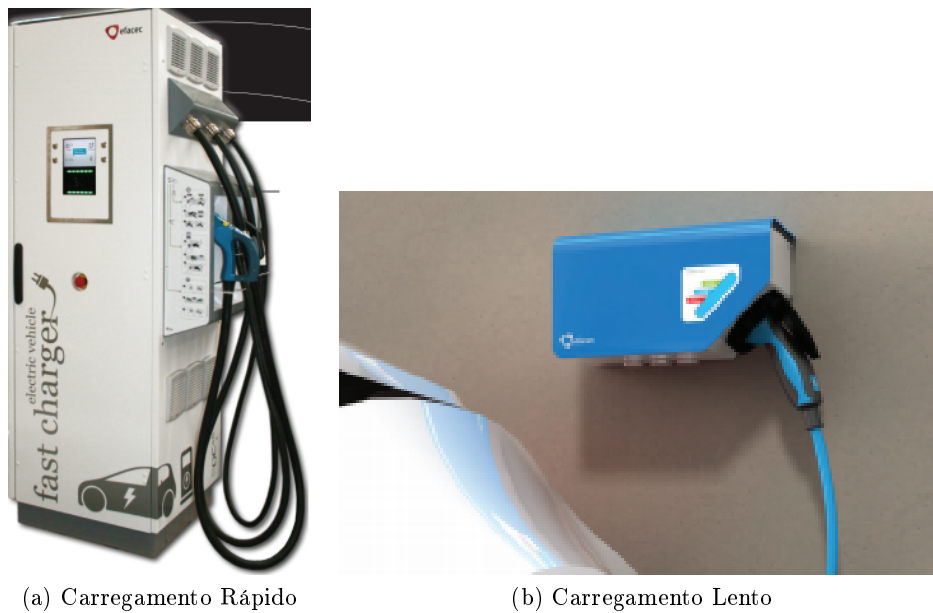


Figura 2.2: Exemplos de postos de abastecimento da EFACEC.[EFACEC]

Para carregamentos lentos, a EFACEC desenvolveu equipamentos para instalação em habitações. Por esse motivo, este modelo tem as seguintes funcionalidades:

- Verificar se o veículo se encontra corretamente ligado;
- Verificação contínua da integridade do condutor de terra de proteção;
- Detecção contínua de corrente residual;
- Ativar/ desativar a saída do carregador;

Este modelo, comparativamente ao anterior, já utiliza correntes mais inferiores. Neste modelo, a corrente varia de 16A a 32A e utiliza a energia da rede com aproximadamente 230V. Opcionalmente, este modelo também vem equipado com acesso por RFID.

2.3.2 EV Solutions

A *EV Solutions* consiste numa empresa que comercializa carregadores para veículos elétricos. Para tal, desenvolveu carregadores para os dois tipos de carregamentos realizados. Para ambos o método de pagamento aplicado é através de cartão.

No caso do carregamento lento, um exemplo da *EV Solutions* para aplicação pública de carregamento, está representado do lado direito da Figura 2.3. Este equipamento possui as seguintes características:

- Voltagem: 208VAC a 240VAC
- Frequência: 60/50 Hz
- Corrente de saída: máximo 30A

- Corrente de entrada: máximo 40A

Este tipo de carregador tem um preço comercial aproximado de 600 euros. Este modelo depois pode ser adaptado com sistemas de comunicação *wifi* para auxiliar as redes de distribuição.



Figura 2.3: Exemplos de postos de abastecimento da EV Solutions.[Solutions]

Para o carregamento rápido, a *EV Solutions* desenvolveu para a *Nissan* um modelo que permite carregar o veículo em cerca de 80% em 30 minutos, sendo ideal para aplicações públicas e comerciais. Este modelo tem as seguintes características:

- Voltagem: 480V
- Frequência: 50/60Hz
- Corrente: 54A

Este modelo pode ainda ter a instalação de um LCD que permite demonstrar o consumo energético.

2.3.3 Charge Point

A *Charge Point* é uma rede de postos de abastecimento de carros elétricos distribuídos na Europa, Estados Unidos da América, Ásia e Austrália. Esta rede, apenas contém postos de carregamento lento. O exemplo referido na Figura 2.4, tem as seguintes características:

- Voltagem: 240VAC
- Corrente: 30A
- Frequência: 60Hz

Este modelo possui um LCD que demonstra instruções de como o utilizador deve usar o carregador, bem como é acompanhado de uma aplicação para *Smartphone*. Na Figura 2.4 pode-se visualizar as diversas funcionalidades dessa aplicação. O cliente pode monitorizar o carregamento do veículo à distância, pode iniciar o carregamento através do *smartphone*, consegue procurar através de um mapa interativo todos os postos de abastecimento existentes, bem como memorizar os seus favoritos numa lista.

Para adquirir esta aplicação e aceder a todas as suas funcionalidades, o utilizador apenas precisa de se registar no site da *Charge Point*, cedendo os seus dados pessoais, bem como adicionar um método de pagamento, *Paypal* ou cartão de crédito. Depois de adicionados à aplicação, é tudo automático.

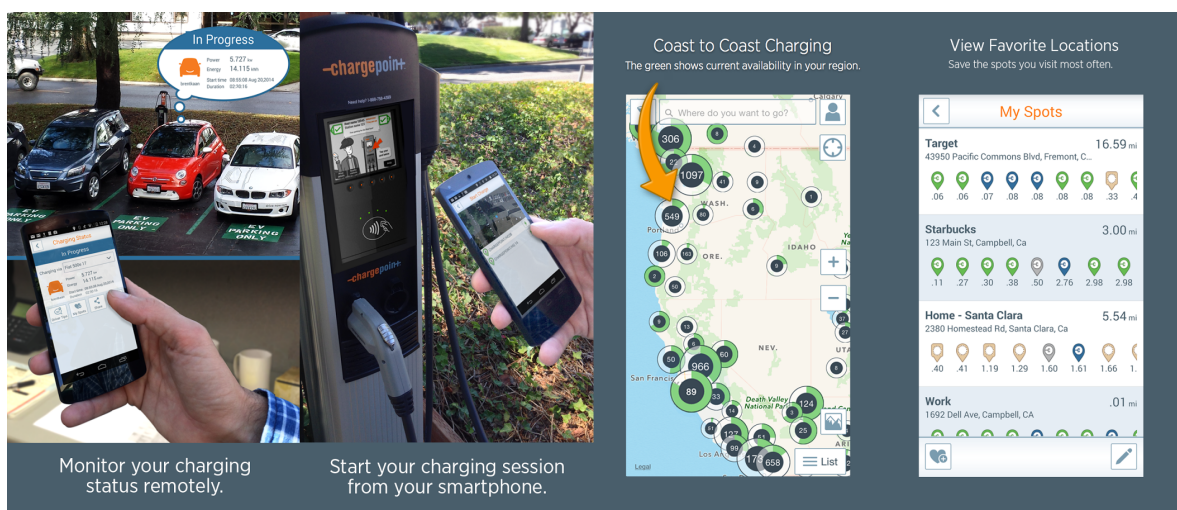


Figura 2.4: Aplicação de carregamento da Charge Point.[Point]

2.4 Empresas de Monitorização Gestão de postos públicos

2.4.1 MOBI.E Mobilidade Elétrica

A MOBI.E surge como resposta à necessidade de uma Rede de Mobilidade Elétrica em Portugal, uma rede integrada de vários pontos no território nacional, que permitirá o abastecimento dos veículos elétricos mediante um cartão de carregamento. A eletricidade pode ser fornecida pelos diferentes comerciantes ou através de energias renováveis presentes no local. Para efetuar o abastecimento do veículo elétrico, no posto é possível efetuar:

- Autenticação por cartão pré pago/ pós pago;
- Carregamento lento e rápido;
- Seleção do comerciante de eletricidade, no ponto de carregamento;
- Segurança: autenticação e conexão ou desconexão, apenas possíveis com cartão válido;
- Comunicação remota com sistemas de gestão da rede elétrica e da rede de carregamento MOBI.E.

Esta rede possui uma aplicação para o telemóvel que permite ao cliente saber o estado de carga da bateria do veículo, permite encontrar o ponto de carregamento mais próximo e permite também obter uma fatura única com todos os gastos efetuados ao longo do período assim contratado. Isso também é possível ser efetuado através do web site da empresa (Figura 2.5).

Para a empresa, também foi criada uma gestão interna dos postos, para que sejam controlados e monitorizados todos eles. Essa rede, permite à empresa ter uma transmissão segura de dados entre a infraestrutura e a entidade, bem como permite uma gestão da informação de carregamento por posto.



Figura 2.5: Aplicação de apoio MOBIE. [Reis, 2010]

Através desta rede, pode-se observar que o abastecimento de veículos elétricos surge aliado às novas tecnologias, de forma a permitir ao utilizador diversas funcionalidades em tempo real.

2.4.2 Essent

A *Essent* é uma empresa de energia na Holanda, que associou o método de pagamento por SMS (*Short Message Service*) a um posto de abastecimento de carros elétricos, através da *Microincasso* que é uma empresa que aplica serviços de pagamento por SMS (Figura 2.6). Este serviço funciona como uma gestão de contas previamente criadas.

O cliente que efetue carregamentos nestes postos necessita de ter uma conta associada à empresa. Essa conta pode ser efetuada com um cartão de crédito ou com conta *Paypal*.

A sessão de carregamento inicia-se com o envio de uma SMS e termina do mesmo modo. Ou seja, o utilizador envia uma SMS para o número disponível no posto de abastecimento, o serviço envia ao utilizador uma mensagem a perguntar o número da conta associada, para proceder à cobrança de energia e aí começa o carregamento do carro. Se o utilizador já tiver conta no *Microincasso*, essa pergunta não é feita. Quando este termina, o utilizador recebe uma SMS com a informação de quanto foi debitado da sua conta pelo *Microincasso*.

A *Essent* assegura que o meio de pagamento utilizado é extremamente seguro, e a conta da *Microincasso* tem um limite máximo de pagamento de 50 euros .



Figura 2.6: Funcionamento do *Microincasso*. [Microincasso]

2.4.3 Wattstation

A *Wattstation* é uma rede de postos de abastecimento predominantemente na zona do norte dos Estados Unidos da América. Esta rede difere das restantes por possuir equipamentos com método de pagamento diferente. Neste caso, o pagamento é efetuado através da identificação de um QR code (*Quick Response*) situado em cada posto de abastecimento. Um *QR code* consiste num tipo de código de barras que armazena URL capazes de serem lidos por um *smartphone* (por exemplo), através da câmara e com a aplicação apropriada.

Desta forma, o utilizador apenas precisa de adquirir uma aplicação no seu telemóvel (Figura 2.7), fazer a identificação do código QR que se situa no posto de abastecimento, associar uma conta *Paypal* à aplicação e assim torna-se possível o carregamento. Nesta aplicação também é possível obter todos os postos disponíveis da *Wattstation* através de um mapa interativo, perto do local onde o cliente se encontra, através da localização por GPS do seu *smartphone*.

Este tipo de pagamento tem como restrição a utilização de um telemóvel inteligente ou um *tablet*, uma vez que apenas esses equipamentos permitem a leitura de *QR code*.

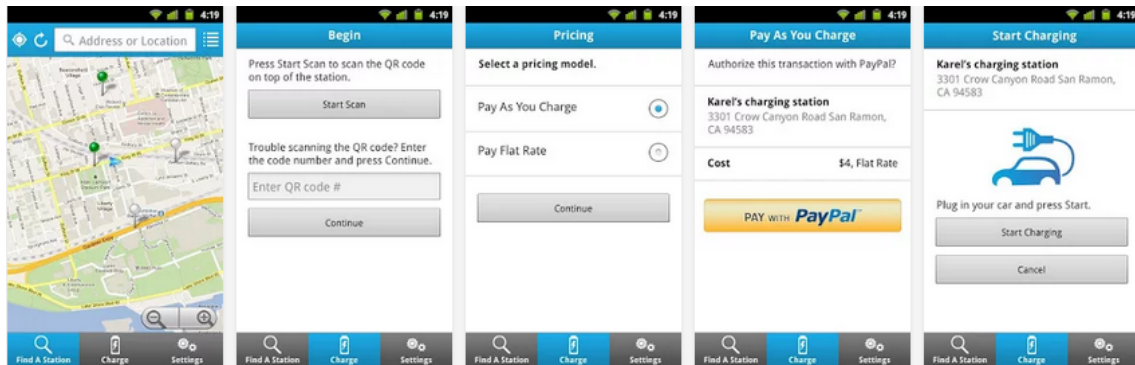


Figura 2.7: Aplicação para *Smartphone* da Wattstation.[Wattstation]

2.5 Projetos Relacionados

2.5.1 "Electric vehicle charging infrastructure in Poland" [Benysek and Jarnut, 2012]

Este projeto tem como objetivo desenvolver ou melhorar as infraestruturas de carregamento de veículos elétricos na Polónia. Foram considerados diversos fatores, tais como a localização, quantidade de postos de carregamento bem como os seus diferentes tipos. Este sistema de carregamento possui um centralizado sistema de acesso, que é baseado numa troca bidirecional de dados entre os diferentes postos individuais do sistema de carregamento elétrico. A troca de dados nesta estrutura é feita via GPRS (*General Packet Radio Services*) e a coordenação é feita pela base central, tal como está representado na Figura 2.8.

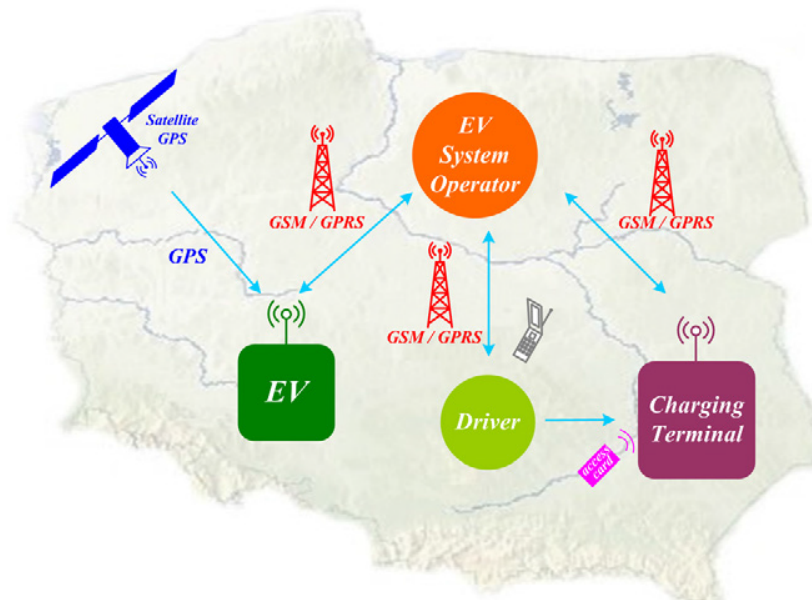


Figura 2.8: Sistema de carregamento de VE na Polónia.[Benysek and Jarnut, 2012]

Neste projeto foram desenvolvidos dois tipos de postos: os de cidade, instalados em espaços públicos; e os de garagem, instalados em residências privadas.

A maior diferença entre estes dois tipos de postos consiste no número de conexões que podem ser feitas. Ou seja, nos postos de cidade podem ser carregados até três veículos ao mesmo tempo, enquanto que nos postos de garagem apenas pode ser carregado um veículo.

Neste projeto também propõe dois diferentes tipos de fontes de energia. Propõem a utilização apenas da rede elétrica (230V) nos meios mais citadinos, mas nos menos citadinos propõe a aplicação de micro geração de energia, tal como energias renováveis. No entanto, quando as condições naturais não permitem a geração de energia necessária ao funcionamento normal do posto de abastecimento, é ligada a energia da rede. A base central sabe sempre que isso acontece, uma vez que recebe dados deste postos, tais como a humidade, a direção do vento e a temperatura, que são automaticamente inseridos numa base de dados para posteriormente desenvolverem os gráficos da aplicação, onde também se pode visualizar os consumos dos postos em questão.

Em resumo, o utilizador aciona o posto de carregamento através da aproximação de um cartão RFID, reportando os seus dados à base central, que verifica se tem autorização para aceder. Após esta aceitar, o utilizador pode carregar o veículo com a energia requerida. Após terminar, o posto de abastecimento envia uma SMS para o utilizador a informá-lo que o carregamento terminou. Ao longo do carregamento, o posto envia dados para a base central, tais como o consumo a ser feito, identificação do consumidor, quando inicia e quando termina o carregamento. Pode-se visualizar a arquitetura deste protótipo na Figura 2.9.

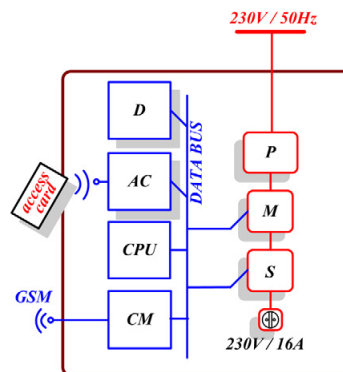


Figura 2.9: Protótipo desenvolvido. Legenda: D- ecrã, CM - modulo de comunicação bidirecional, CPU- unidade de processamento central, AC- Modulo de controlo de acesso, P- proteção, M- medidor de energia, S- estado de leitura.

[Benysek and Jarnut, 2012]

Capítulo 3

Solução Proposta

Neste capítulo será realizada uma análise dos requisitos deste projeto. Assim sendo, será apresentada uma perspetiva geral do sistema, quais as suas principais funcionalidades, assim como uma noção de quais as restrições que limitam o projeto. Por fim, serão listados todos os requisitos que permitirão a construção do sistema pretendido com o mínimo de ambiguidade.

Como culminar deste estudo apresentar-se-á a solução proposta para o sistema, onde se definirá a sua arquitetura, que levará à posterior implementação.

3.1 Perspetiva Geral

No capítulo anterior foram analisados diversos dispositivos existentes no mercado. No entanto, apesar do seu elevado valor comercial, na maior parte existe uma constante repetição no meio de pagamento existente. Ou seja, na sua maioria necessitam de uma pré-adesão à rede de abastecimento para aquisição do cartão, para ser possível a utilização dos respetivos postos ou necessitam de um *smartphone* para proceder à compra da energia.

Como foi referido anteriormente, o objetivo desta dissertação é facilitar ou agilizar todo o processo de carregamento do veículo elétrico, e aumentar a rede de abastecimento nacional. Por isso, uma boa solução seria excluir qualquer uma que obrigasse o utilizador a esperar por um cartão ou qualquer bem material, e que permitisse a utilização imediata do posto de carregamento após a aquisição de um veículo elétrico.

Desta forma, propõe-se a elaboração de um posto de abastecimento económico do ponto de vista de implementação e com compra de energia por SMS. Assim, permite a que qualquer utilizador que possua um telemóvel possa efetuar carregamentos nestes postos.

A SMS apenas requer a utilização de um cartão SIM (no telemóvel do cliente) e uma vez que, segundo um estudo da *Marktest* de 2012 em média 92% de pessoas em Portugal possuem telemóvel [Marktest], conclui-se assim que esta seja uma boa solução para este tipo de serviço, em que o utilizador não necessita de disponibilizar os seus dados pessoais ou de se registar na rede de gestão de serviços. Este é um serviço que pode ser efetuado imediatamente pelo cliente.

3.2 Funcionalidades do sistema

As capacidades presentes num sistema avaliam-se pelas funções que executam. Este resulta num melhoramento do atual sistema de carregamento para veículos elétricos, tendo como principal função medir a energia consumida e efetuar a sua cobrança da forma mais prática possível.

Desta forma, as principais funcionalidades do sistema são:

- Medição dos consumos de energia ativa pedidos;
- Garantia de integridade dos dados adquiridos;
- Cobrança da energia requisitada de forma autónoma e com saldo positivo no cartão SIM;
- Permissão de utilização de energia apenas quando o cliente possui um saldo positivo;
- Disponibilização dos dados relativos aos clientes do seu consumo em kwh;
- Utilização da rede GSM para a troca de mensagens.

3.3 Restrições

Trata-se de um sistema destinado para aplicação em espaços públicos com utilização da rede elétrica normal, de forma a aumentar a quantidade de postos de abastecimento em Portugal. Por isso, o sistema está sujeito às seguintes restrições:

- O sistema deve ser de baixo custo;
- Baixo consumo;
- Alimentação de todo o circuito de medição através da rede;
- Protótipo desenvolvido para efetuar medições de energia em circuitos de corrente alternada, cuja tensão nominal é 230V e frequência nominal é 50Hz;
- Protótipo será desenvolvido utilizando as redes GSM disponíveis em Portugal;
- Robustez e fiabilidade do sistema;
- Dimensões reduzidas para o sistema.

3.4 Apresentação da solução

Como foi referido anteriormente, propõe-se um posto de abastecimento com pagamento através de uma mensagem de texto proveniente de um telemóvel. A mensagem de texto é enviada para o número contido no posto de abastecimento, que cobra o valor correspondente da energia gasta do cartão de telemóvel do cliente. Usando pagamento por SMS, os utilizadores conseguem efetuar com segurança e rapidez o pagamento do serviço, sem ser necessário que a empresa do posto de abastecimento tivesse acesso ao cartão de crédito ou a um cartão pré pago, ou mesmo a uma conta bancária. Todo o processo seria confidencial ou anónimo, ficando o cliente seguro quanto à partilha de dados pessoais. Para o investidor do produto,

ter venda de energia por SMS seria uma mais valia, não teria a necessidade de verificar as identidades destes e não teria problema em enviar cartões para todos os clientes associados. No momento, a maior parte das pessoas possui um telemóvel com envio de SMS, logo seria um bom método de pagamento para este tipo de serviço.

Como se observou, na generalidade dos equipamentos, existe para este o apoio de página web, com o respetivo consumo do veículo a ser abastecido. Por isso, torna-se necessário que este modelo a desenvolver possua um apoio do mesmo género, para que seja competitivo no mercado. Pode-se observar na Figura 3.1 a solução aqui referida. Esta tem como objetivo desenvolver um posto de abastecimento com capacidade para receber e enviar várias SMS para o cliente, iniciar e controlar o carregamento, bem como enviar os dados de consumo para uma base de dados para serem utilizados e manipulados por uma página Web também aqui desenvolvida.

Esta página pode assim ser consultada por qualquer dispositivo com acesso à Internet, tanto pelo cliente como pelo administrador do posto.

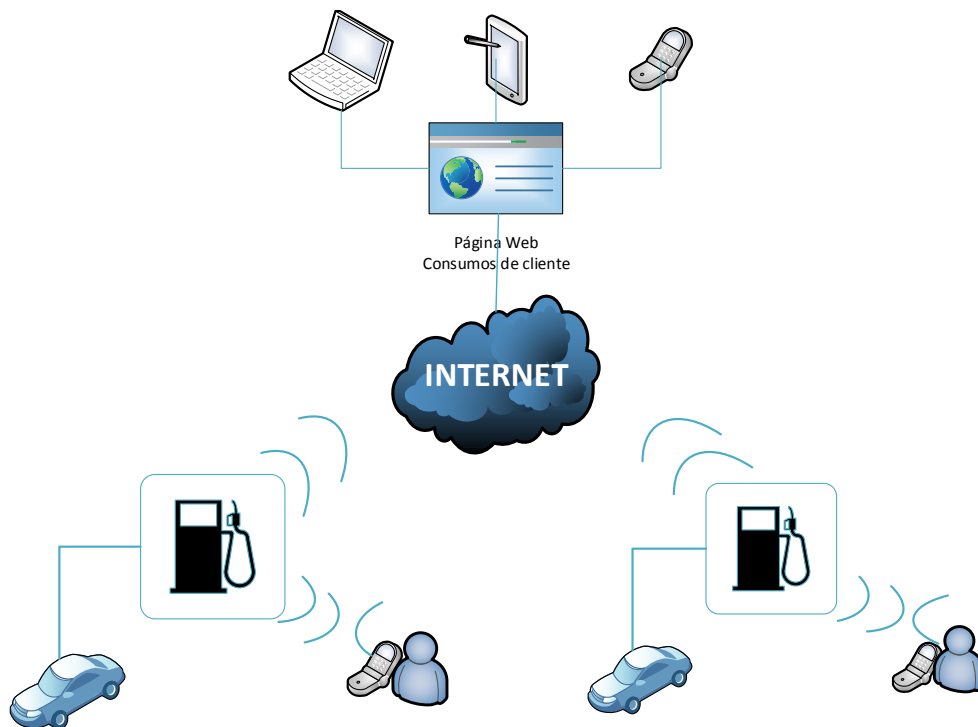


Figura 3.1: Diagrama da solução proposta.

Este protótipo poderá ser desenvolvido em maior escala, possuindo a multiplicação do protótipo, mas com números diferentes no posto.

Na Figura 3.2, é possível observar um fluxograma do funcionamento geral do protótipo. Com foi referido anteriormente, o processo de carregamento é desencadeado pelo envio da SMS pelo cliente para o número do posto de abastecimento.

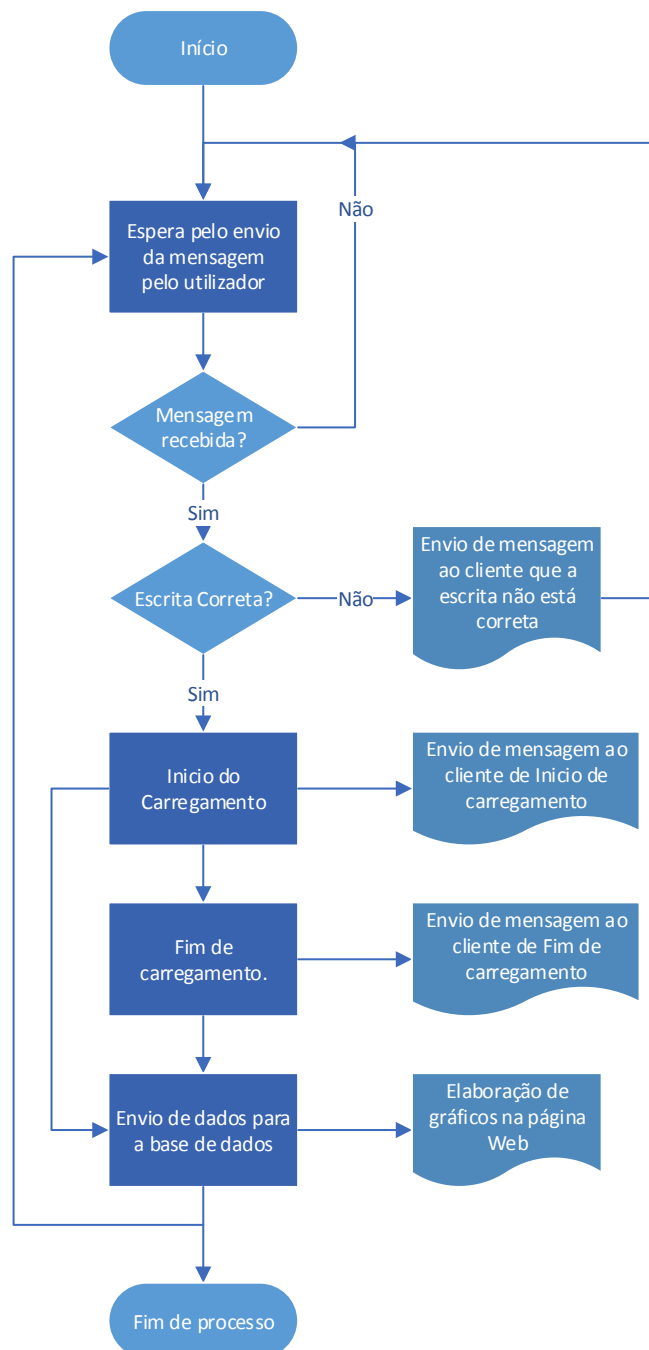


Figura 3.2: Fluxograma da solução proposta.

No posto de abastecimento, é lida a mensagem, que deve ser enviada pelo cliente conforme as instruções no posto (ordem de mensagem escrita). Após verificação da mensagem e a confirmação de saldo positivo no cartão SIM do cliente, é iniciado o carregamento do veículo elétrico. O início e o fim de carregamento é notificado ao cliente através de uma SMS. Aquando do término do carregamento, são enviados os dados do telemóvel e do consumo para a página Web, que desenvolverá os gráficos dos consumos do cliente.

Capítulo 4

Implementação do Posto de Abastecimento

4.1 Arquitetura do Sistema

De acordo com a solução proposta, o equipamento a ser desenvolvido terá de possuir três módulos essenciais: o módulo de controlo da passagem da corrente elétrica (Módulo 1), o módulo da medição da energia (Módulo 2) e o módulo do envio e receção de mensagens e dados para a página web (Módulo 3).

Todos os componentes a ser analisados têm em conta a existência destes no laboratório onde se concretiza a elaboração deste projeto.

4.1.1 Módulo 1

Para este módulo surge a necessidade de procurar a melhor solução para o controlo da passagem da corrente elétrica, uma vez que apenas se pretende que passe energia quando é aprovado o carregamento do veículo. Para isso, existe por exemplo o relé mecânico e o triac.

Em comparação entre os dois, é possível verificar algumas vantagens da utilização do triac [IXYS]:

- É normalmente mais pequeno que o relé;
- Tem mais durabilidade uma vez que não tem partes em contacto que se degradam;
- Necessita de pouca energia para funcionar;
- Não tem interação magnética em comparação com o relé;
- Não gera ruído;
- É mais imune aos choques físicos e às vibrações.
- O relé não funciona corretamente com repetibilidades ou comutações num intervalo reduzido de tempo;

Desta forma, é fácil concluir qual a melhor solução para o protótipo em questão. Uma vez que o triac tem um menor desgaste e funciona melhor para repetições consecutivas, é sem dúvida uma boa solução para um posto de abastecimento.

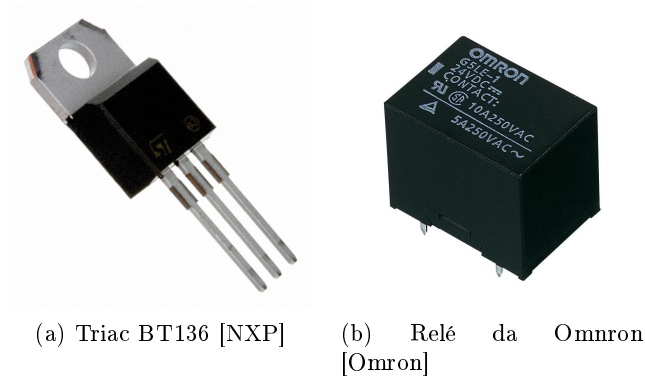


Figura 4.1: Propostas para o Módulo 1.

4.1.2 Módulo 2

Neste módulo é necessário encontrar uma solução para o tratamento de dados para o cálculo da energia. Por esse motivo, tem-se dois tipos de equipamentos que podem ser considerados na implementação num posto de abastecimento: microcontroladores e PLC (*Programmable logic controller*). As duas opções podem ser observadas na Figura 4.2.

Os microcontroladores são bastante semelhantes aos autómatos programáveis (PLC). Os dois possuem memória interna para armazenarem os seus programas, ambos podem executar autonomamente esses programas, estes são escritos em computador e, depois de compilados, são transferidos para as suas memórias internas, ambos podem ter entradas e saídas elétricas: digitais e analógicas, e os dois podem ter interfaces de comunicação do tipo Rs232, Rs485, Ethernet, etc.

No entanto também existem diferenças, o PLC foi concebido para funcionar em ambientes industriais e possui por isso proteções mecânicas e elétricas que os micro-controladores não possuem. Contudo, os micro-controladores têm a seu favor um preço muito reduzido, uma reduzida dimensão e um baixo consumo elétrico, enquanto que o PLC é exatamente o oposto.

Por esse motivo, conclui-se que o equipamento adequado para o tratamento de dados neste módulo seria o micro-controlador, uma vez que se pretende desenvolver um equipamento de baixo custo de implementação e de reduzidas dimensões.

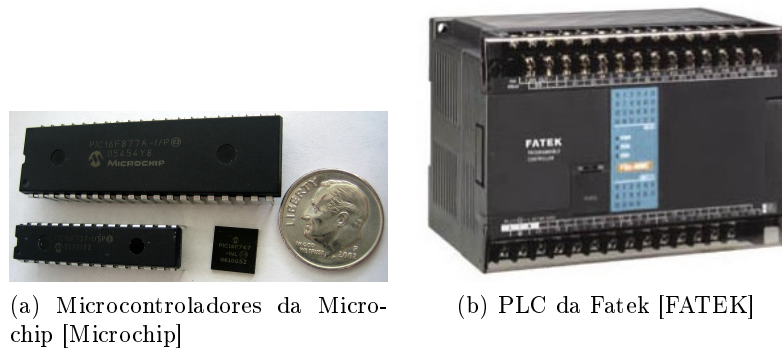


Figura 4.2: Propostas para o Módulo 2.

4.1.3 Módulo 3

Por último, é necessário encontrar a melhor solução para receber e enviar mensagens para o telemóvel do cliente, bem como enviar os dados para a página web. Para isso, a melhor solução seria a implementação de um sistema que pudesse desta forma realizar as duas operações.

Uma vez que o objetivo deste projeto é a implementação de postos de abastecimento em qualquer parte do país, deve-se assim excluir qualquer hipótese que inclua ligação à Internet por cabos, bem como a comunicação wireless para um *router* próximo. Assim, encontra-se uma boa solução a utilização da comunicação GPRS/GSM. É uma tecnologia que utiliza o cartão SIM do telemóvel, aumentando as taxas de transferência de dados nas redes GSM existentes. O GPRS combina o acesso móvel a serviços baseados em Protocolo IP, que utilizam a transmissão de pacotes de dados que faz uso altamente eficiente do espectro e permite alta velocidade de dados. Fornece aos utilizadores maior largura de banda, tornando possível e rentável permanecer constantemente ligado, bem como enviar e receber dados de texto, gráficos e vídeo.

Para este tipo de comunicação, existe por exemplo a placa PIC-GSM produzida pela Olimex (Figura 4.3). Esta permite ter numa só placa um micro controlador e um módulo GSM/GPRS. De seguida pode-se ver as suas principais especificações:

- Módulo GSM/GPRS de 900/1800/1900Mhz;
- Bateria de Li-ion;
- Microcontrolador PIC18f97J60;
- Conector RS232;
- Cristal de 20Mhz;
- Dois *relays* de 10A/250VAC;
- Duas entradas digitais;
- Entradas Analógicas.

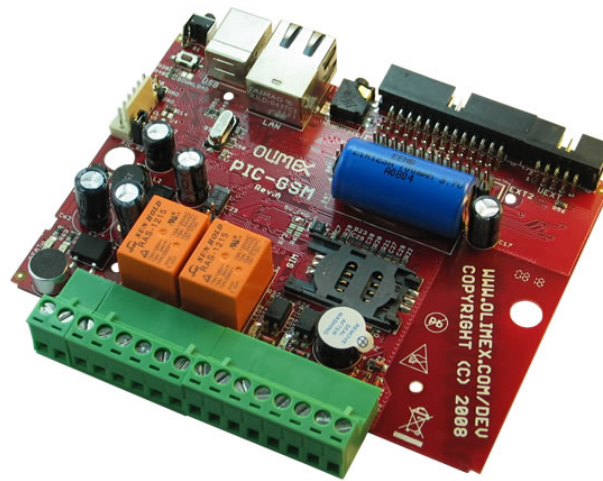


Figura 4.3: Proposta para o Módulo 3

Desta forma, esta placa torna-se um bom sistema para implementar neste projeto, uma vez que na mesma placa são concentrados dois módulos: Módulo 2 e Módulo 3, aproveitando espaço no protótipo.

4.1.4 Conclusão

Após todos os equipamentos observados e das conclusões obtidas em cada módulo apresentado, pode-se concluir que então se obtém no geral três módulos essenciais: Módulo 1 constituído pelo Triac para o controlo da passagem da energia elétrica; Módulo 2 constituído pelo microcontrolador para medição da energia e controlo do seguinte módulo; e Módulo 3 constituído pelo Modem PIC-GSM da *Olimex*, para o envio da informação tanto para o telemóvel como para a Internet.

No esquema da Figura 4.4 é possível visualizar os principais componentes pensados para este equipamento. Como foi referido anteriormente, o Modem PIC-GSM já contém um microcontrolador integrado, torna-se então oportuno a sua utilização para o Módulo 2, uma vez que seria desnecessário a utilização de outro microcontrolador para o efeito, permitindo assim uma redução no espaço do produto a desenvolver.

Dessa forma, faz-se a medição da energia e a comunicação por GSM/GPRS através no mesmo microcontrolador. Pode-se também observar no esquema da Figura 4.4, que a comunicação entre o microcontrolador e o modem GSM/GPRS é efetuada através de RS232, que por sua vez comunica por TCP/IP para o envio de dados para a página Web e para a base de dados, e por SMS(Comandos AT) para o telemóvel.

Esta solução permite, como foi referido anteriormente, ao utilizador consultar informações relativo às ações realizadas nos postos de abastecimento, numa página web disponível em qualquer equipamento com acesso à Internet.

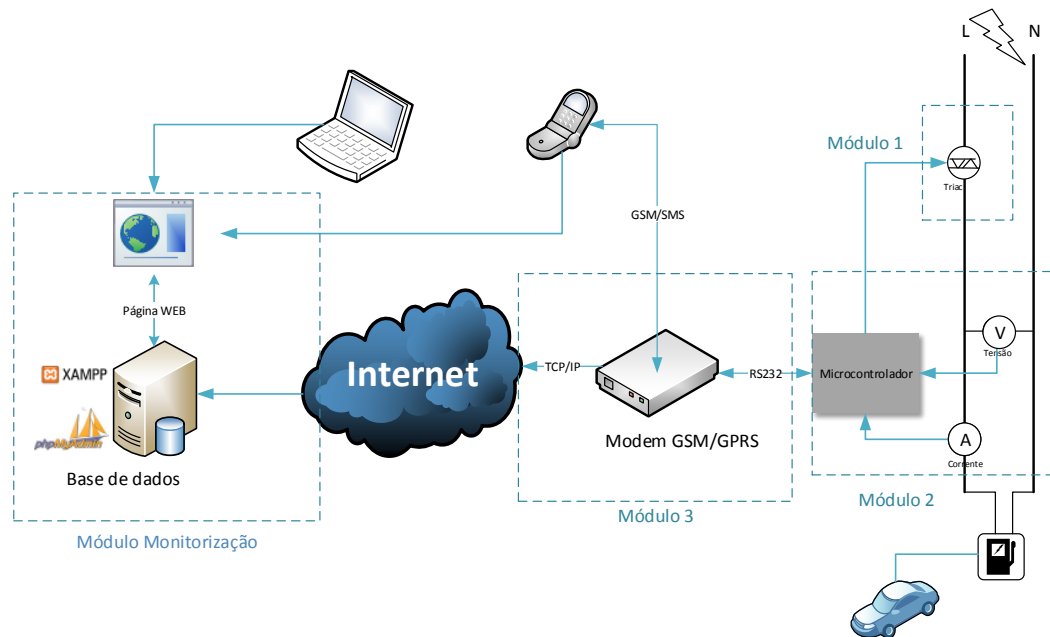


Figura 4.4: Diagrama dos módulos existentes.

4.2 Módulo 1- Controlo da passagem da corrente elétrica

Para que o carregamento possa ser efetuado, tem de existir uma ordem por parte do microcontrolador, para que haja passagem ou corte de energia para o veículo. Para isso, foi desenvolvido um pequeno módulo representado na Figura 4.5, que permite a passagem de eletricidade para o equipamento a ser carregado. Essa instrução é feita por parte do microcontrolador, através de uma saída ativa. Como foi referido anteriormente, para a finalidade utilizou-se um esquema baseado num TRIAC.

O microcontrolador possui apenas uma alimentação de 3,3V DC, portanto este tem que se manter isolado do TRIAC, uma vez que este tem tensões na ordem dos 230V AC. Para esta finalidade foi utilizado um optoacoplador MOC3021[Source and Driver, 1995], que assegura que, mesmo em caso de sobrecarga de corrente elétrica, o resto dos componentes não fiquem danificados. Para fornecer a corrente necessária ao acionamento do MOC3021, é usado um transistor BC547C[Semiconductors et al.] cuja base é controlada pelo microcontrolador. Desta forma garante-se que chega corrente suficiente ao optoacoplador.

Assim sendo, o microcontrolador liga-se à base do transistor, fazendo chegar corrente ao diodo interno do optoacoplador. Por sua vez, este permite a passagem de energia para a *Gate* do TRIAC, o qual fecha o circuito, fazendo com que a corrente chegue ao veículo a ser carregado. O TRIAC utilizado é o BT136[NXP]. Pode ser visualizado o esquema elétrico deste módulo no Apêndice B.

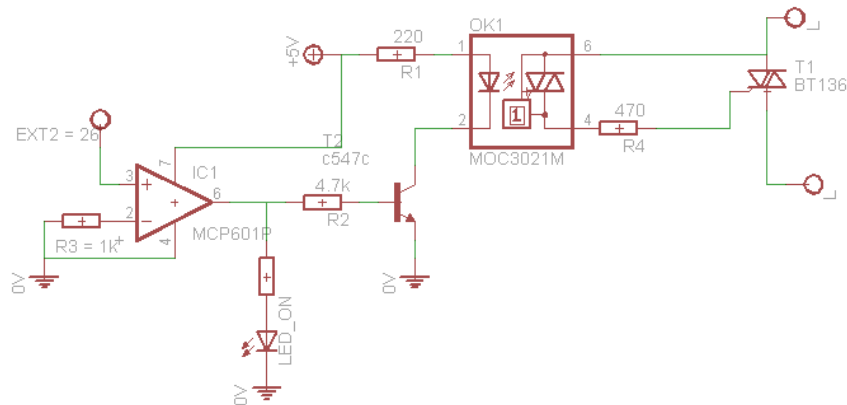


Figura 4.5: Módulo 1 - Controlo da passagem da corrente elétrica.

4.3 Módulo 2 - Medição da Energia

Como foi referido anteriormente, neste módulo é abordado a medição da energia, bem como o tratamento desses dados pelo microcontrolador. O microcontrolador utilizado, como referido, é aquele que se encontra na placa PIC-GSM utilizada para o efeito.

Inicialmente, é feita a abordagem dos componentes utilizados para a medição da corrente e da tensão, para o cálculo da energia utilizada. Esse tratamento de dados das medições é então feita à posteriori pelo microcontrolador.

4.3.1 Medição da Corrente

Para a medição da corrente, optou-se por um transdutor de corrente. Estes funcionam com base no princípio do Efeito de Hall (Figura 4.6). Na prática, a passagem de corrente num condutor induz um campo magnético que é captado por um anel ferromagnético posicionado em seu redor. Este mesmo anel apresenta uma interrupção em forma de fenda, na qual é evidente a passagem do campo magnético induzido pelo condutor. Nesta mesma fenda é então colocada uma barra de Hall, que é sujeita ao efeito do campo referido. Como resultado, as suas cargas positivas e negativas posicionam-se em extremidades opostas, criando uma diferença de potencial. [Farinha, 2009]

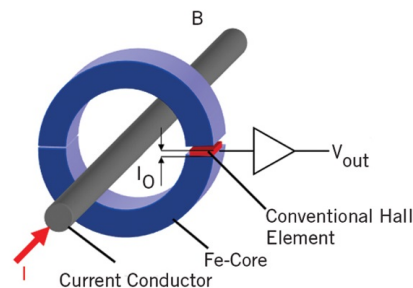


Figura 4.6: Efeito de Hall.[Electronics, 2014]

Para ser possível escolher o melhor transdutor de corrente para este protótipo, procedeu-se à pesquisa de transdutores de corrente. Após a procura e uma análise de mercado, bem como no laboratório, obteve-se duas soluções: o CSLA1CD da *Honeywell* (Figura 4.7(b)) e o LTS15NP da *LEM* (Figura 4.7(a)). Estes sensores são de baixo custo monetário, o fazendo a que o produto final possa ser de baixo custo, que é um dos objetivos deste protótipo a ser desenvolvido.

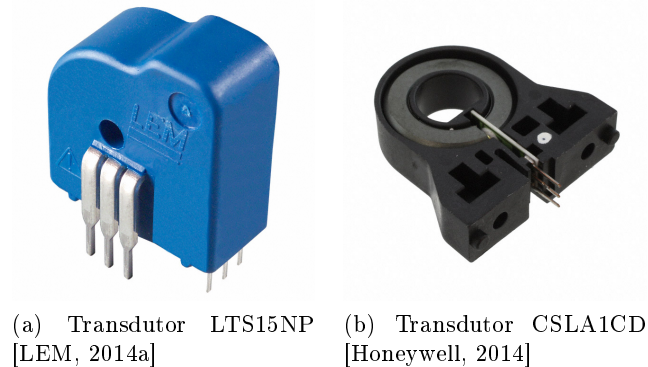


Figura 4.7: Comparação de transdutores

Na Tabela 4.1, pode-se observar algumas características de ambos os transdutores.

Tabela 4.1: Comparação entre transdutores de corrente

CSLA1CD	LTS15NP
Medições de 0 a 57A	Medições de 0 a 48A
Sensibilidade de 49,6mV/A	Sensibilidade de 41,6mV/A
Medições de corrente AC ou DC	
Linearidade e precisão	
Capacidade de sobrecarga de corrente	

Os dois transdutores são muito semelhantes a nível de características, diferenciando-se essencialmente no nível da medição da corrente, fonte de alimentação e sensibilidade. Desta forma, optou-se pelo sensor CSLA1CD por ter uma sensibilidade superior. Também se teve em consideração as voltas que se podem dar em torno no sensor, uma vez que a sensibilidade das suas medições aumenta consoante o número de voltas.

Para que o sinal proveniente do transdutor de corrente fosse amplificado e filtrado, foi utilizado um amplificador de instrumentação da *Analog Devices*, o AD623. Este amplificador é de baixo consumo energético, fácil de utilizar, possui uma elevada impedância de entrada, baixa impedância de saída e permite ganhos de 1 a 1000. Este dispositivo tem também uma característica importante para esta implementação, tem uma boa relação de rejeição em modo comum (*CMRR - Common Mode Rejection*). Esta característica é importante uma vez que os sinais medidos são de baixas tensões e o ruído pode afetar os resultados.[Analog, 2014].

O esquema representativo desta implementação pode ser observado na Figura 4.8. Relativamente ao amplificador foi necessário proceder ao dimensionamento de alguns componentes,

na sua maioria resistências, para que as tensões à saída estivessem compreendidas entre os 0 e os 5V. Como o sinal de saída do transdutor varia de forma sinusoidal, houve a necessidade de colocar a linha dos 0V em torno dos 2,5V. Para isso introduziu-se um divisor resistivo entre o GND e os 5V.

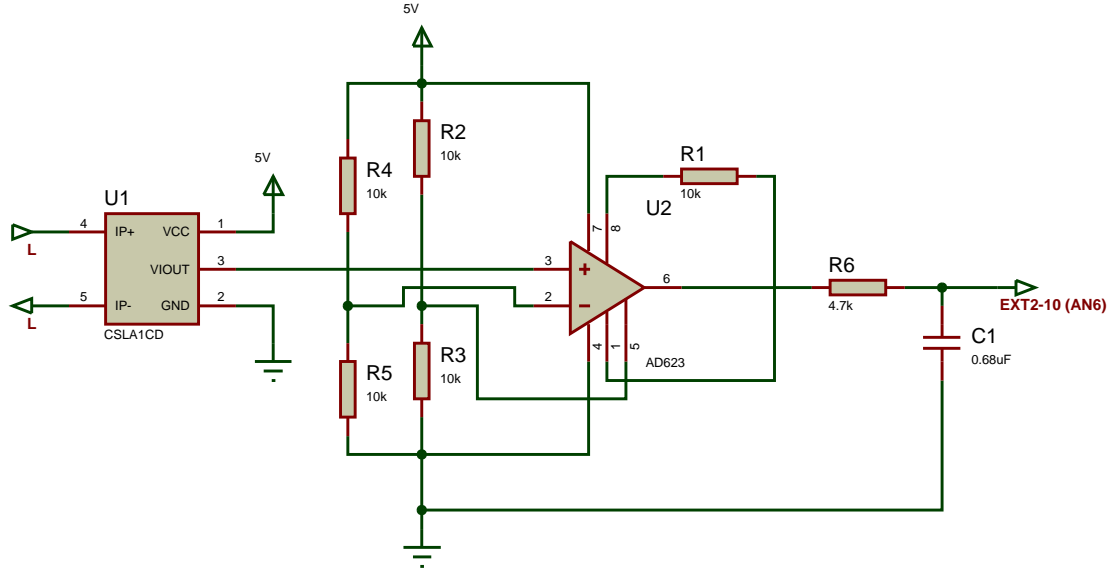


Figura 4.8: Circuito representativo do tratamento dos sinais da corrente

O dimensionamento das resistências para o divisor resistivo foi efetuado de acordo com a equação 4.1, em que $V5=2,5V$ e $V_{cc}=5V$, ou seja $R2=R3=10Kohms$, como mostra a Figura 4.8.

$$V5 = \left(\frac{R3}{R3 + R2} \right) V_{cc} \quad (4.1)$$

Sendo assim, com a utilização desses valores, conseguiu-se que a saída desse divisor resistivo ficasse em 2,5V. Este Vout foi conectado ao pino 5 do AD623, denominado por *Reference Terminal*, que tem como função definir a tensão de saída correspondente nula a fase, quando não há corrente.

Para que o sinal fosse amplificado, de forma a ter uma melhor leitura das oscilações por parte da ADC, aplicou-se um ganho de 11.

$$G = \frac{100k}{R1} + 1 \quad (4.2)$$

Por fim, foi implementado um filtro passa-baixo, com o principal objetivo de eliminar algum ruído existente no sinal. Para isso foi considerada uma frequência de corte de 50Hz, resultando numa resistência ($R6$) de 4,7kohms e um condensador($C1$) de 0,68uF.

$$f_c = \frac{1}{2.\pi.R6.C1} \quad (4.3)$$

O fabricante do sensor de Hall implementado, indica na sua folha de características, qual a tensão que o sensor apresenta na sua saída em função da corrente que o percorre. No entanto estes valores foram obtidos enquanto o sensor de Hall era alimentado a 12V DC, com o objetivo de reduzir o número de fontes de alimentação e poupar recursos, o sensor foi alimentado a 5V DC. Para aumentar a sensibilidade do sensor, enrolou-se o fio em volta do sensor, com 4 voltas. Com esta alimentação é necessário calibrar o sensor. Essa calibração foi elaborada medindo com o multímetro em modo amperímetro, em fase, e medindo ao mesmo tempo a tensão na entrada analógica do microcontrolador, em *debug*, corrigindo os seus valores. Essa calibração vai ser explicada mais a frente neste capítulo.

4.3.2 Medição da Tensão

De seguida é feita a descrição de como foi feita a leitura da tensão que passa para o equipamento. Uma vez que o equipamento é alimentado a uma corrente alternada com uma tensão eficaz de cerca de 230V, torna-se necessário converte-la para valores consideravelmente mais baixos.

Para isso, à semelhança da medição da corrente, foi utilizado um transdutor de tensão por efeito de hall. O transdutor utilizado para o efeito foi o LV25-P (Figura 4.9) fabricado pela LEM. Na tabela são apresentadas as suas características.

Tabela 4.2: Características do transdutor LV25-P

LV25-P
Excelente precisão
Muito boa linearidade
Rápido tempo de resposta
Grande imunidade a interferências exteriores

Este sensor suporta tensões de entrada entre os 10 e os 500V, e possui isolamento galvânico entre o circuito primário e o secundário, o que se adequa para este projeto. Como este sensor foi alimentado a 12V, foi necessário dimensionar a resistência de medida, $R1$, de modo a que a corrente no primário não ultrapasse os 10mA (Figura 4.9(a)). Na documentação do sensor sugerem-se valores da resistência de saída, R_m , entre os 30 e os 190 Ω , e depois de alguns testes efetuados chegou-se a um valor para a resistência de saída, R_m , na ordem dos 100 Ω . No que diz respeito à resistência do primário, foram utilizadas as informações presentes na documentação do transdutor, onde sugerem que para uma corrente máxima de 10mA a resistência do primário $R1$ deverá ser igual a 25k Ω /2.5W. No entanto, depois de efetuadas algumas

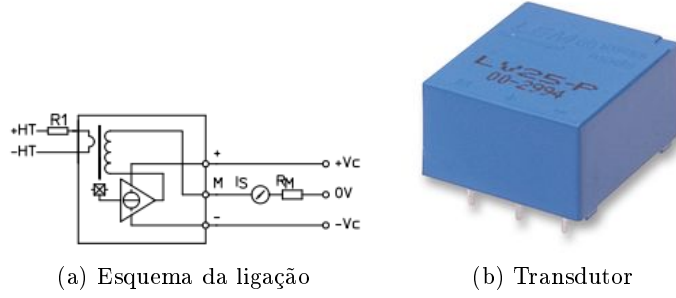


Figura 4.9: Transdutor de tensão LV25-P da LEM [LEM, 2014b]

medições, concluiu-se que para a resistência a relação $27k\Omega/2.5W$ seria mais adequada.

Na figura 4.10, pode ser analisado o circuito elaborado para o tratamento de dados do transdutor de tensão. À semelhança do transdutor de corrente, neste também foi implementado um amplificador operacional para o tratamento de sinal. Recorreu-se a um divisor resistivo com $V5$ conectado ao pino 5 (*Reference Terminal*) do AD623 para que a linha dos 0V ficasse aproximadamente nos 2.5V, pois o sinal recebido é de forma sinusoidal.

Para os cálculos dessas resistências utilizou-se a equação 4.4, em que com um V_{cc} de 5V, pode-se obter para as resistências valores iguais, ou seja $R2=R3=10k\Omega$.

$$V5 = \left(\frac{R2}{R3 + R2} \right) V_{cc} \quad (4.4)$$

Para este amplificador não foi necessário colocar qualquer tipo de resistência de ganho (R_g). E como é referido na documentação do AD623, $G=1$ quando não há utilização de R_g .

Para a redução de ruído existente nos sinais de tensão, foi instalado um filtro passa-baixo com uma frequência de corte de 50Hz, calculada a partir da equação 4.5.

$$f_c = \frac{1}{2\pi \cdot R6 \cdot C1} \quad (4.5)$$

Foram ainda utilizados dois dispositivos, ICL7660A e TL7660, para converter tensão positiva para negativa, 12V e 5V respetivamente.

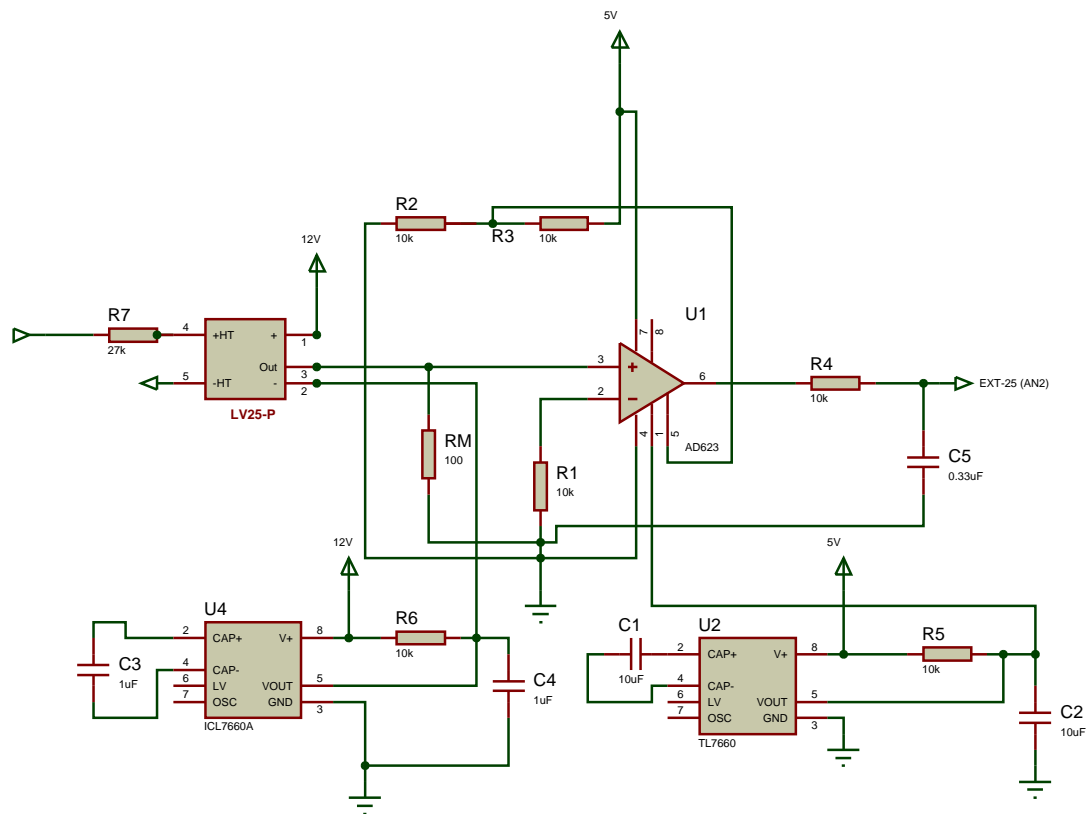


Figura 4.10: Circuito representativo do tratamento dos sinais da corrente

4.3.3 Microcontrolador

O microcontrolador que se encontra na placa PIC-GSM é o Pic18F97J60 , que tem as especificações necessárias ao projeto, uma vez que é um componente bastante completo, tendo como principais características [Technology, 2006]:

- 16 Canais conversores Analógico-Digitais (A/D);
- Dois módulos UART (RS232);
- 5 Módulos Timer (Timer 0 a Timer4);
- Duas portas com capacidade de suportar SPI e I2C com modo Master e Slave.

No entanto, como o microcontrolador já se encontra montado na placa, apenas se pode utilizar os pinos disponíveis para o efeito desejado. Segundo o documento de apoio ao PIC GSM [OLIMEX, 2008], o módulo GSM encontra-se conectado na segunda UART do microcontrolador, sendo esta a utilizada para a comunicação. E para fazer as leituras da medição da energia, são assim utilizadas as entradas analógicas disponíveis na placa para o microcontrolador.

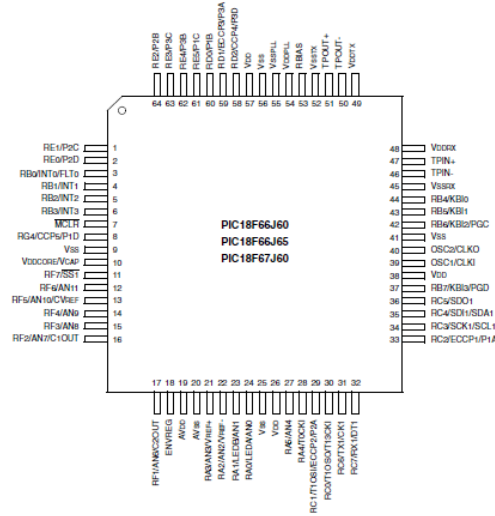


Figura 4.11: Esquema geral do microcontrolador

Como foi abordado anteriormente, as entradas utilizadas para o efeito foram representadas nos esquemas elétricos. Ou seja, a leitura da tensão e da corrente são efetuadas através das entradas analógicas do microcontrolador (ADC). A tensão pela AN2 (Ext1-25) e a corrente pela AN6 (Ext2-10).

Após a elaboração dos circuitos para a receção de dados da corrente e da tensão, é necessário tratar os dados recebidos, convertê-los para valores reais e calcular as grandezas necessárias. Para isso, de seguida é feita uma ligeira abordagem sobre as grandezas envolvidas, bem como é feito o tratamento dos dados.

Grandezas associadas

A potência de um sinal, qualquer que ele seja, é uma grandeza que determina a quantidade de energia transferida por uma fonte por unidade de tempo. No caso da potência elétrica instantânea (P_{inst}), o seu valor é calculado com base no produto das duas grandezas envolvidas: tensão elétrica ($v(t)$) e corrente elétrica ($i(t)$). No caso particular do sistema elétrico de energia, os dispositivos são alimentados por uma corrente alternada. Assim, a corrente e tensão de alimentação possuem uma forma de onda sinusoidal com uma frequência de 50 Hz. A potência elétrica instantânea de um equipamento alimentado através da rede elétrica é também um sinal com uma forma sinusoidal mas com o dobro da frequência.

$$P_{inst}(t) = v(t) * i(t) \quad (4.6)$$

A energia de um sinal pode ser definida como o somatório do valor da potência instantânea do sinal.

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} P(t) dt \quad (4.7)$$

Quando a impedância associada aos dispositivos é puramente resistiva, então toda a energia consumida corresponde à energia transformada, por exemplo em luz, calor, etc.

Por vezes a impedância da carga contém uma componente reativa, que pode ser indutiva ou capacitiva. Este facto conduz a um desfasamento entre os sinais de corrente e tensão, que será tanto maior quanto maior for a razão da componente reativa pela resistiva. O desfasamento introduzido entre a tensão e corrente leva a que em determinados momentos o sentido de circulação da corrente seja contrário à queda de tensão nos terminais da carga, nesses instantes a carga devolve energia à rede. Assim, a existência das componentes reativas levam ao aparecimento de uma energia que oscila na rede entre a carga e o gerador. Este facto tem como consequência o aparecimento de três tipos de potência associadas, são elas, potência aparente, potência ativa e potência reativa (Figura 4.12).

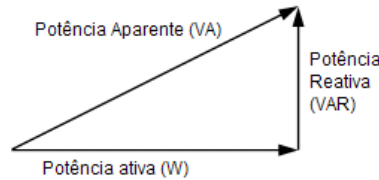


Figura 4.12: Potências.

Derivado ao facto da existência destes três tipos de potência pode-se definir o conceito de fator de potência. O fator de potência é razão da potência ativa pela potência aparente, tratando-se por isso, de um número adimensional entre 0 e 1. Este fator é definido pelo tipo de carga, podendo esta ser resistiva, indutiva ou capacitiva e designa-se por $\cos(\phi)$.

A potência aparente (S) é aquela que é efetivamente disponibilizada pela rede, sendo as suas unidades o VA (Volt-Ampere). Assim o módulo da potência aparente no sistema elétrico pode ser obtido a partir do produto entre os valores eficazes de tensão elétrica (V_{ef}) e a corrente elétrica (I_{ef}).

$$|S| = V_{ef} * I_{ef} \quad (4.8)$$

A potência ativa (P_{act}) é a potência utilizada pelas cargas para realizar o trabalho de gerar calor, luz e é expressa em W (Watt). Pode-se descrever a potência ativa como o valor médio da potência absorvida. Alternativamente a potência ativa pode ainda ser definida como o produto entre a potência aparente e o fator de potência:

$$P = V_{ef} * I_{ef} * \cos(\phi) \quad (4.9)$$

Desta forma é possível efetuar a medição da energia, com o valor da tensão e corrente obtidos através das entradas analógicas.

Leitura da ADC

O programa desenvolvido para a medição da energia, utiliza uma rotina de serviço à interrupção, que é "chamada" sempre que existe receção de dados pela porta série pelo modem

GSM, ou seja, sempre que é recebida uma mensagem enviada pelo utilizador(SMS). Quando recebe a SMS, é acionada a saída corresponde ao triac, para passar a energia para o equipamento. Depois procede-se à medição da corrente e da tensão, através de duas entradas analógicas. Essa medição é feita apenas enquanto estiver ligado o equipamento, e o equipamento apenas está ligado enquanto estiver a contar a energia pedida pelo utilizador através da mensagem.

Uma vez que os valores da corrente e da tensão não vêm corrigidos, é necessário converter os valores de entrada (na gama dos 5V) para valores de aproximadamente 230V (no caso da tensão) ou para aproximadamente 0,43V (no caso da corrente), uma vez que a calibração foi realizada com uma lâmpada de 100W aproximadamente.

Por isso, foi necessário obter várias amostras de medição, tanto para a corrente como para a tensão, para encontrar o fator de conversão. Após se estabelecerem os valores indicados com um erro bastante reduzido, procedeu-se à medição.

No fluxograma da Figura 4.13, é possível observar o ciclo feito para se proceder à medição. Inicialmente, memoriza-se a Energia que está escrita na mensagem que o cliente enviou para o equipamento, depois dá-se o início da contagem do *Timer*. Quando o cálculo da energia (Equação 4.7) estiver igual ou superior à energia enviada pela mensagem, desliga-se o *timer* (contagem do tempo) e desliga-se o Triac (para não passar mais energia para o veículo, neste caso a lâmpada). Se a energia consumida for inferior é feito de novo a medição para o cálculo da potência. Após este processo, os valores de todas as variáveis envolvidas são postas a zero, para estarem preparadas para uma nova medição.

A calibração da medição das grandezas foi feita utilizando a lâmpada, como já foi referido anteriormente, e um osciloscópio. Fez-se a leitura no microcontrolador em *debug*, utilizando o software *MPLAB IDE v8.91*, que permite assim fazer diferentes medições com a variação do tempo. Os valores foram corrigidos e calibrados consoante os valores que davam no osciloscópio.

O MPLAB é um software destinado a desenvolver aplicações para microcontroladores fabricados pela Microchip, como neste caso o PIC18F97J60. Este ambiente de desenvolvimento permite a edição, o *debugging* e programação do microcontrolador. Relativamente ao código fonte, este pode ser escrito em linguagem C ou em *assembly*, sendo que nesta dissertação foi utilizada a primeira. Uma das principais vantagens do MPLAB é a possibilidade de visualização dos registos na memória do programa utilizando o modo do *debug*, o que facilita o desenvolvimento do código fonte, e da calibração de grandezas como o caso da tensão e da corrente.

Resumidamente, ligou-se a lâmpada e solicitou-se uma aquisição de dados ao *hardware*. Depois do microcontrolador converter os dados adquiridos pelos transdutores de corrente e tensão numa sequência binária (digital) proporcional aos sinais de entrada (analógicos), foi necessário proceder a uma análise dos resultados obtidos de forma a criar uma relação entre os mesmos e os valores dados pelo osciloscópio. Após essa medição, procedeu-se à calibração dos dados, para na próxima medição se obter valores considerados reais de tensão e corrente.

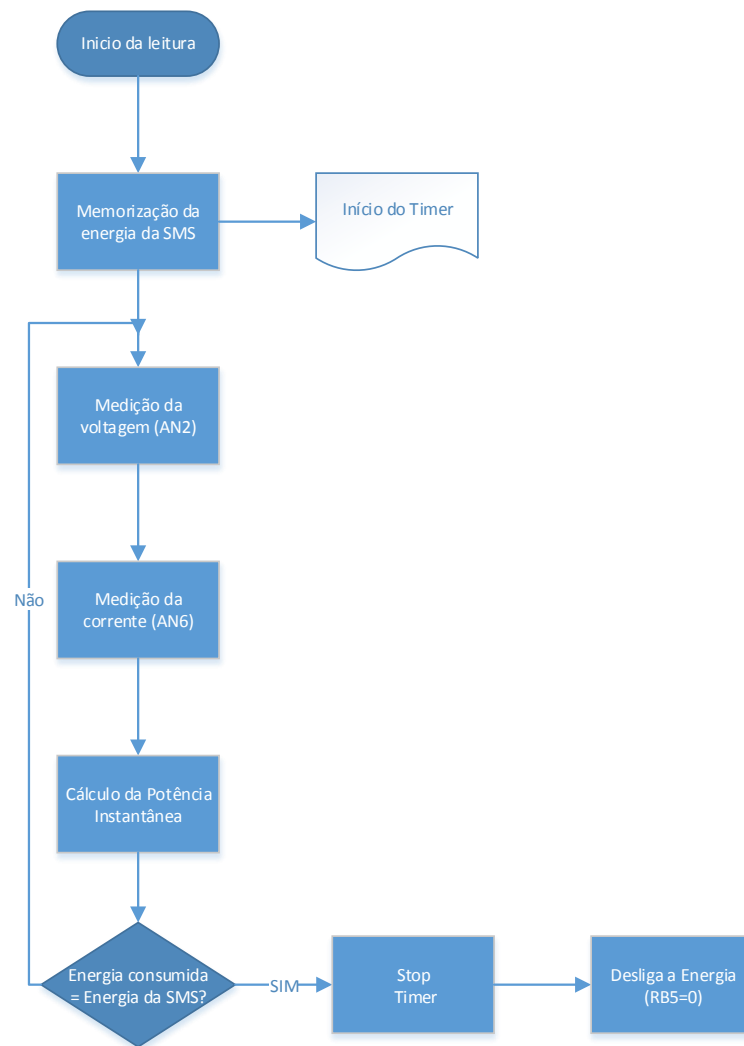


Figura 4.13: Ordem de leitura das entradas analógicas.

Através disto e depois dos dados adquiridos se encontrarem nas unidades de volts e amperes, é então possível proceder ao cálculo da potência a partir da equação 4.9, em que o ϕ é o ângulo de fase entre a onda da tensão e a onda da corrente. Este é calculado entre a diferença dos índices correspondentes aos valores máximos de cada onda nos respetivos *arrays*.

4.4 Módulo 3 - Modem GSM/GPRS

Para a interação com este módulo, o microcontrolador integrado na placa está conectado através da sua UART, por uma comunicação por RS232. Para a comunicação funcionar sem problemas, precisa de ter umas características específicas:

- Baudrate de 115200bps;
- Possui um cristal de 25Mhz;

De seguida é feita a divisão entre as duas comunicações realizadas pela mesma UART: Comunicação RS232 para a comunicação para o envio e receção de SMS, e a comunicação TCP/IP para o envio de dados para a base de dados.

Como foi referido anteriormente, para a comunicação ser efetuada, colocou-se uma interrupção para que se espere por uma SMS no terminal, para que depois de todas as condições estarem satisfeitas, possa através de uma das suas saídas ligar o Triac para proceder ao carregamento do veículo elétrico.

4.4.1 Comunicação RS232

Como foi referido anteriormente, a medição da energia é desencadeada por uma SMS enviada pelo utilizador. Para que seja possível a interação do microcontrolador com o modem GSM, tem de haver comunicação com comandos AT pela porta série.

Neste equipamento foram utilizados os comandos AT disponíveis na Tabela 4.3. Para existir uma boa comunicação entre o microcontrolador e o modem GSM/GPRS, foi necessário efetuar uma máquina de estados em que, apenas se transita para o estado seguinte quando existe a confirmação do envio do comando respetivo, continuando a ler os restantes estados.

Tabela 4.3: Comandos AT para envio e receção de SMS.

Comandos AT	Designação
AT	Verificação de conexão com o modem GSM
AT+CMGF=1	Configura o módulo GSM/GPRS para que as mensagens sejam apresentadas em formato de texto.
AT+CMGS="numero«mensagem»"	Permite o envio de mensagens de texto para o número de telemóvel indicado.
AT+CMGL="ALL"	Mensagens recebidas
AT+CMGR=1	Permite ler a mensagem recebida, que se encontra na posição 1.
AT+CMGD=1	Apaga a mensagem que esta na posição 1.

No diagrama da Figura 4.14, é possível visualizar uma comunicação entre o microcontrolador e o modem GSM/GPRS, no caso de um cliente enviar uma SMS para o posto de abastecimento e a SMS estar bem escrita, ou seja, proceder ao carregamento.

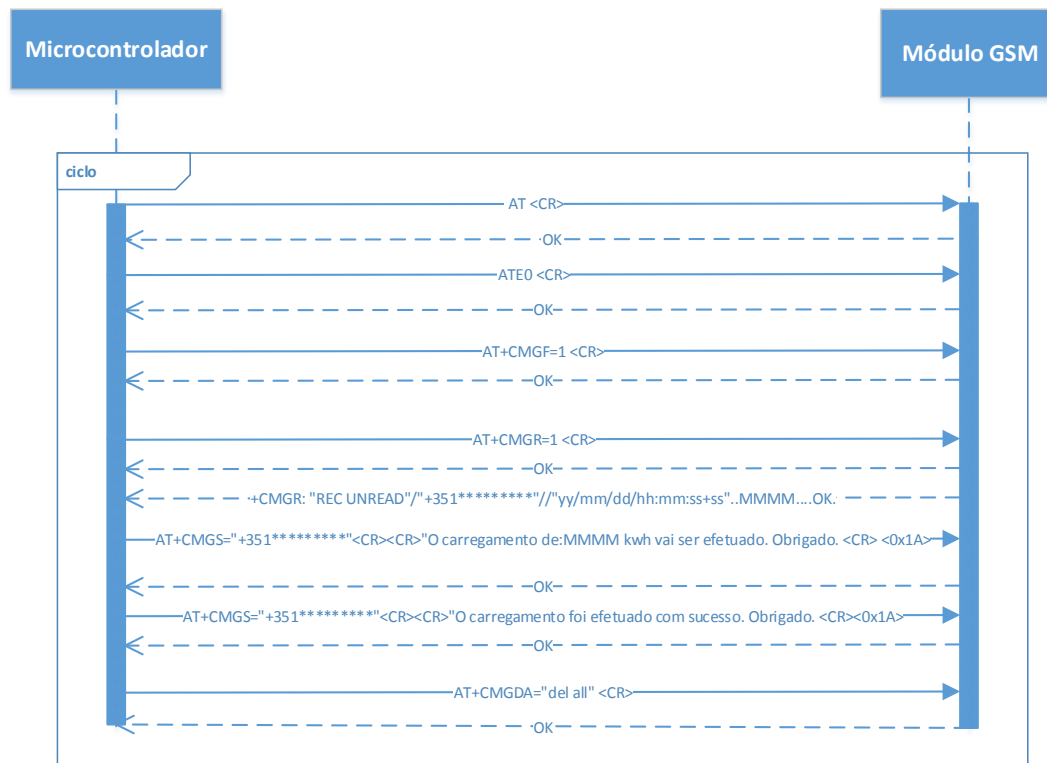


Figura 4.14: Diagrama de envio/recepção de SMS com carregamento.

Como foi referido no fluxograma da Figura 3.2, a mensagem a ser enviada aquando do início e do fim de carregamento, é apenas quando se inicia ou termina a medição. Essa instrução é dada pelo microcontrolador.

No caso de o cliente enviar uma mensagem para o posto de abastecimento com a ordem de escrita errada, a ordem dos comandos altera-se ligeiramente. O diagrama pode ser observado na secção do Apêndice A (Figura A.2). No entanto, se ninguém enviar mensagem para o posto de abastecimento, este vai ter a mesma ordem de comandos sempre que se inicia o equipamento, que se pode também analisar no Apêndice A (Figura A.1).

4.4.2 Comunicação TCP/IP

Esta comunicação é realizada para enviar os consumos para a base de dados. Para isso, o cartão SIM presente no módulo tem de ter um tarifário associado que permita não só o envio de SMS, como também o acesso à Internet.

Neste processo, a comunicação com o microcontrolador continua a ser por RS232, usando a mesma UART que as comunicações anteriores. No entanto, os comandos AT usados para esta comunicação TCP/IP são diferentes. Na tabela 4.4 pode-se verificar os comandos AT utilizados para esta comunicação.

Tabela 4.4: Comandos AT para a comunicação TCP/IP

Comandos AT	Designação
AT+CIPSTATUS	Verificação de Estado de ligação TCP/IP
AT+CIPSPRT=1	Indicação de envio de dados
AT+CDNSORIP=0	Verificação do modo de comunicação
AT+CIPSRIP=1	Indicação de visualização de IP e porta do envio aquando da receção
AT+CIPHEAD=1	Adicionar um <i>IP head</i> aquando da receção de dados
AT+CGDCONT=1,"IP","site da rede"	Adiciona os parâmetros do tipo PDP
AT+CSTT="APN","utilizador","palavra passe"	Fazer a ligação ao APN indicado, introduzindo o utilizador e palavra passe necessário para o registo.
AT+CIICR	Fazer a ligação de dados GPRS.
AT+CIFSR	Pede à rede que atribua ao módulo GSM/GPRS um IP local
AT+CIPSTART="TCP","IP","PORTA"	Ligação de dados com o protocolo TCP/IP, ao computador com o endereço IP indicado e porta pela qual será feita a ligação.
AT+CIPSEND <mensagem>	Enviar a mensagem para onde se pretende
AT+CIPSHUT	Desligar a ligação GPRS em curso

A ordem de envio dos comandos AT para o modem GSM pode ser analisado na Figura 4.15. Tal como no envio da SMS, neste caso também é necessário ter uma máquina de estados para o envio de cada comando, para que seja possível um correto envio de dados.

Este envio de dados para a base de dados é feita através do IP da página Web com código php associado. Desta forma, são inseridos no url o valor da energia consumida e o telemóvel associado. Ou seja, IP/teste.php?ener=...&ph=..., em que "ener" e "ph" são os dados que se pretende inserir na base de dados, energia e telefone respetivamente.

Como se pode analisar no fluxograma, a resposta do envio de diversos comandos AT é "OK". Se esta resposta não for satisfeita, o microcontrolador volta a enviar o comando até que seja essa a resposta. Uma vez que, se a ordem de envio e receção de comandos não for a representada no fluxograma, esta comunicação não é bem efetuada.

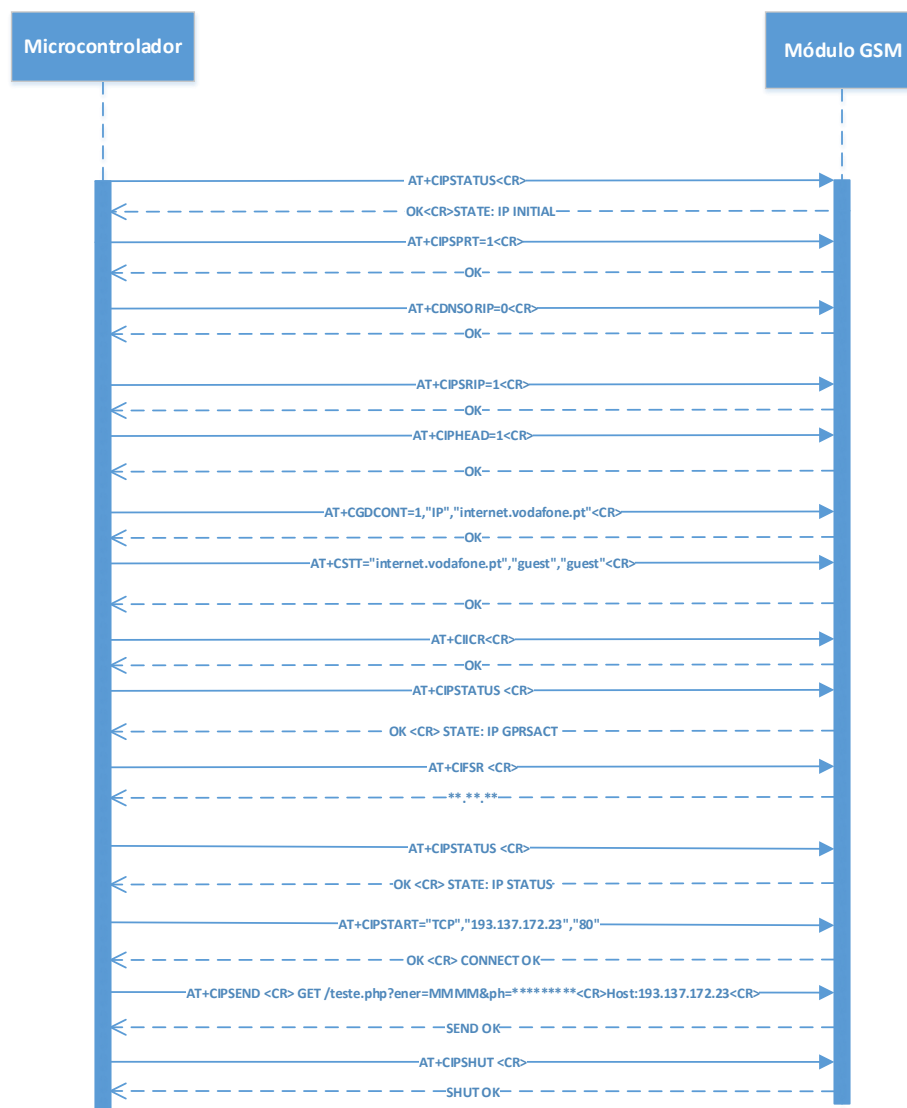


Figura 4.15: Diagrama do envio de dados para a página web

4.5 Síntese protótipo

Após a implementação de todo o hardware envolvido, e da programação do microcontrolador existente, é possível assim elaborar o fluxograma síntese do funcionamento deste protótipo. Como se pode visualizar na Figura 4.16, para além da mensagem enviada para o cliente aquando do início e do fim do carregamento, também são ativados dois *led's*: led verde quando se inicia o carregamento, e led vermelho quando termina o carregamento. Este protótipo permite também ao utilizador aceder à página Web, explicada no capítulo seguinte.

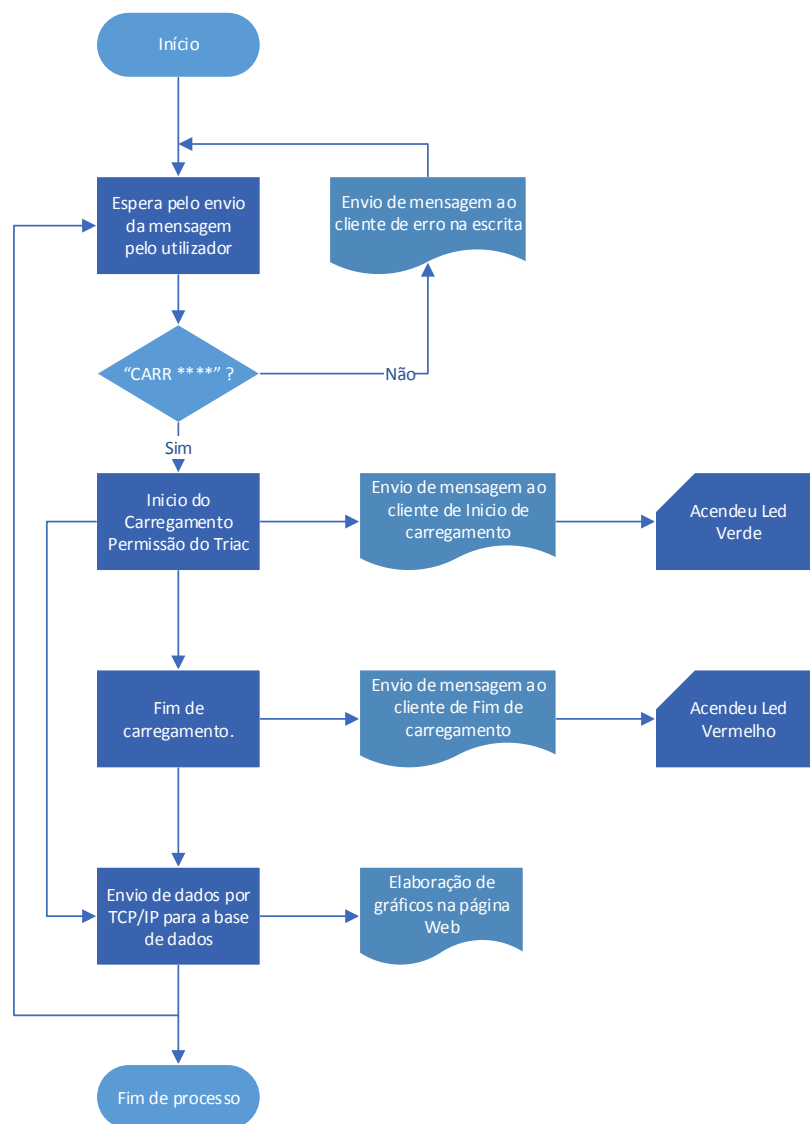


Figura 4.16: Diagrama do processo do carregador

Na Figura 4.17 e na Figura 4.18 é possível visualizar o protótipo desenvolvido por fora e por dentro, respetivamente. Como se pode observar na primeira figura, possui os *leds* mencionados anteriormente, a ficha para o carregamento de um dispositivo (neste caso para a ligação da lâmpada) e o logótipo do equipamento. Este foi inteiramente elaborado pelo autor desta dissertação, com inspiração nas formas e cores relacionadas com o meio ambiente e com as energias renováveis. O nome do logótipo deriva de *Electric Charger*, daí o nome "E.Charger", uma vez que consiste num carregador elétrico.



Figura 4.17: Protótipo - Vista exterior

Na segunda Figura (4.18) é então possível visualizar todos os componentes na caixa. Exemplificando a placa PIC-GSM da *Olímax*, com o cartão SIM necessário para envio ou receção de mensagens e troca de dados; o módulo Triac; e duas placas brancas que constituem os outros componentes mencionados anteriormente.

Como foi referido, trata-se de um protótipo experimental, necessitando de melhorias na caixa e organização de diversos equipamentos.

Na Figura 4.19 é possível visualizar dois testes elaborados no protótipo. Do lado esquerdo (a) pode ser visualizada a resposta do protótipo a uma mensagem com caracteres distintos e a respetiva resposta; do lado direito (b) pode ser visualizada o envio de uma mensagem com a ordem pretendida no protótipo e a respetiva resposta.

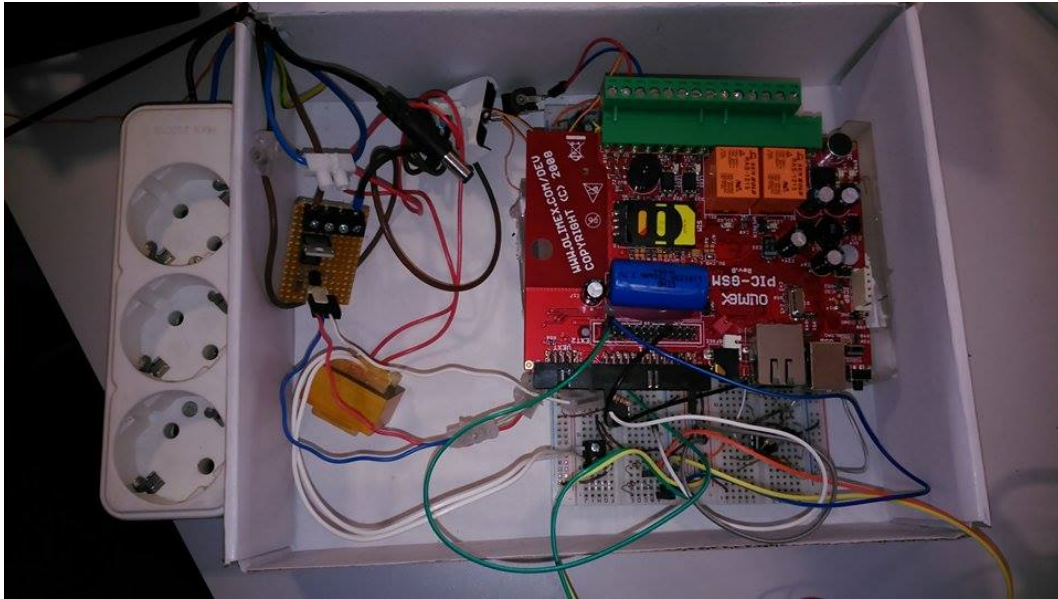
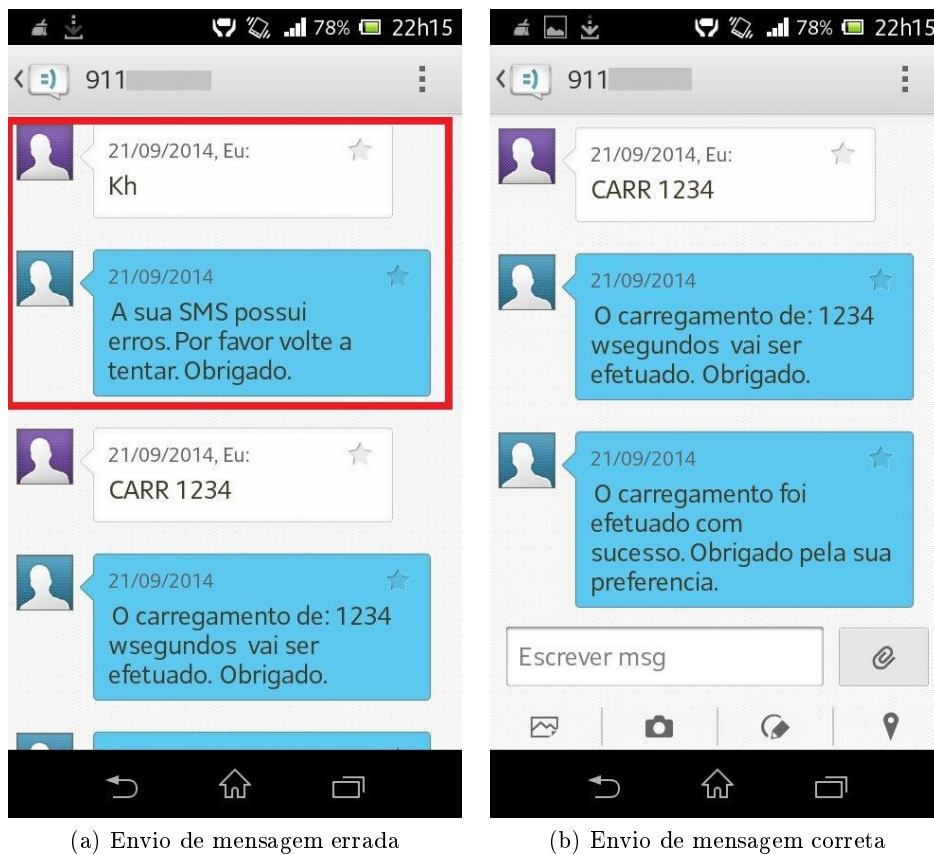


Figura 4.18: Protótipo - Vista interior



(a) Envio de mensagem errada

(b) Envio de mensagem correta

Figura 4.19: Teste de envio de mensagem para o protótipo.

Capítulo 5

Implementação do Sistema de Monitorização

Neste capítulo é desenvolvido o módulo correspondente à Monitorização do posto de abastecimento (Figura 5.1). Este módulo é constituído pela base de dados *MySQL* gerida através do *phpMyAdmin*, bem como a página web desenvolvida em HTML5.

Para a ativação da base de dados e da página web foi utilizado o *Xampp*. Este é um pacote de servidores no qual se encontra o servidor *Web Apache*, o servidor de base de dados *MySQL* e um interpretador de PHP, entre outros. Esta é uma aplicação bastante útil no desenvolvimento de aplicações Web e não necessita de licença de utilização.

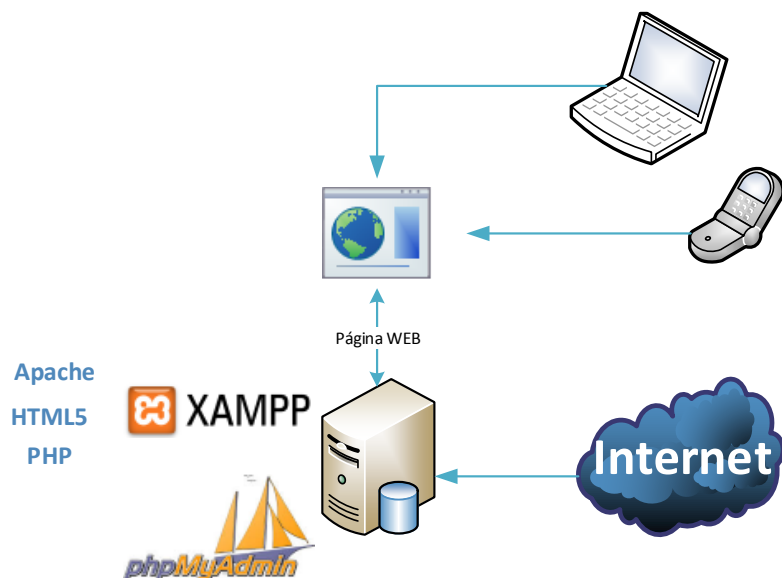


Figura 5.1: Módulo da Monitorização

5.1 Base de dados MySQL

O *MySQL* é um sistema de gestão de bases de dados, que permite gerir bases de dados com um elevado número de registos de uma forma rápida e eficiente. Para além disso é facilmente integrado com linguagens de programação como é o caso do *Visual Basic* ou o PHP.

Na base de dados foram criadas duas tabelas essenciais: a tabela dos consumos totais do posto (Tabela "Energia") e a tabela de registo dos clientes do posto (Tabela "Registo"). A base de dados criada pode ser observada na Figura 5.3.

A tabela "Energia" tem como variáveis a "phoneenergia" do tipo `int(250)` e a "energy" do tipo `int(250)` que são os dados recebidos por TCP/IP pelo Módulo 3. Estes dados são inseridos na tabela através de código desenvolvido em PHP ("teste.php").

Como foi referido anteriormente, os dados a ser submetidos na base dados são enviados através de um url (`teste.php?ph=123456789&ener=100`), em que o ficheiro PHP os vai inserir na base de dados através do código abaixo (Figura 5.2).

```
<?php
$ph = $_GET['ph'];
$ener = $_GET['ener'];
$insertir=mysql_query("INSERT INTO energia (phoneenergia,energy) VALUES ('$ph','$ener')");
?>
```

Figura 5.2: Código PHP para inserção de valores na base de dados.

Desta forma, os valores do telefone (ph - phoneenergia) e os da energia (ener - energy) são introduzidos na tabela "Energia".

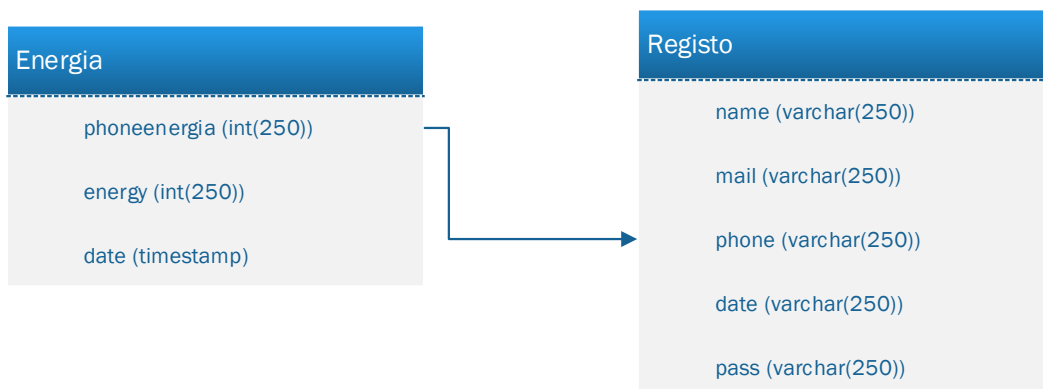


Figura 5.3: Estrutura da base de dados.

A variável "date" que é do tipo *timestamp*, é automaticamente inserida aquando da entrada dos valores na tabela. Esta variável indica a data e a hora do carregamento efetuado.

A tabela "Registo" consiste numa base de dados dos clientes que se queiram registar na página Web para ter acesso aos seus consumos. Então, a tabela contém como variáveis o nome ("name"), e-mail ("mail"), número de telefone ("phone") que deve ser o mesmo que foi utilizado no carregamento, a data de nascimento ("date") pois apenas permite a utilizadores com idade acima dos 18 anos, e a palavra pass ("pass") que permite depois ao cliente aceder à sua página de consumos com confidencialidade. Nesta tabela foi logo inserido o perfil de administrador (nome: admin, mail: admin@ua.pt) para posteriormente ser permitido o acesso à página Web.

De seguida, vai-se verificar que na elaboração da página Web foi tido em conta algumas restrições, como não ser permitido o registo de dois ou mais clientes com o mesmo número de telemóvel ou com o mesmo e-mail.

5.2 Página WEB

Como foi referido anteriormente, para o auxílio deste produto, torna-se vantajoso conter uma página WEB que permita ao utilizador consultar os consumos e os seus abastecimentos nos postos associados. Esta página foi desenvolvida utilizando a linguagem HTML5.

O HTML5 é a quinta versão da linguagem HTML. Esta versão traz consigo importantes mudanças quanto ao papel do HTML no mundo da Web, através de novas funcionalidades como semântica e acessibilidade [HTML5] e com novos recursos, antes só possíveis com recurso a outras tecnologias. Esta linguagem permite que a página possa ter acesso através de computadores comuns, bem como por dispositivos móveis.

Desta forma, foi criada uma página bastante intuitiva, que permite a qualquer utilizador consultar onde se situam os respetivos postos de abastecimento, como também permite o registo de cliente, para que seja possível a análise dos consumos associados ao número de telemóvel. Nesta página foram criadas 5 secções/separadores (*Home*, *Login*, *Registar*, *Sobre e Contacto*) que se pode visualizar na Figura 5.5. Estes separadores podem ser visualizados em toda a página do *E.Charger*, para que seja possível navegar com facilidade. Foi elaborado também um ícone da marca deste protótipo, para que valorize esta página web esteticamente, que pode ser visualizada no separador do *browser* em que se está a navegar (Figura 5.4).



Figura 5.4: Ícone da página.

A página "Home" é a página principal deste posto de abastecimento. Na Figura 5.5 pode ser observada essa página, onde os quadrados sombreados a vermelho significam as partes fixas de toda a página Web, e o quadrado verde o que muda à medida que se muda de separador.

Neste separador, é permitido ao utilizador consultar através de um mapa interativo, os postos de abastecimento existentes. Este mapa é obtido através de uma API da *Google Maps JavaScript*. É utilizada a versão 3 da API que foi desenvolvida especialmente para ser mais

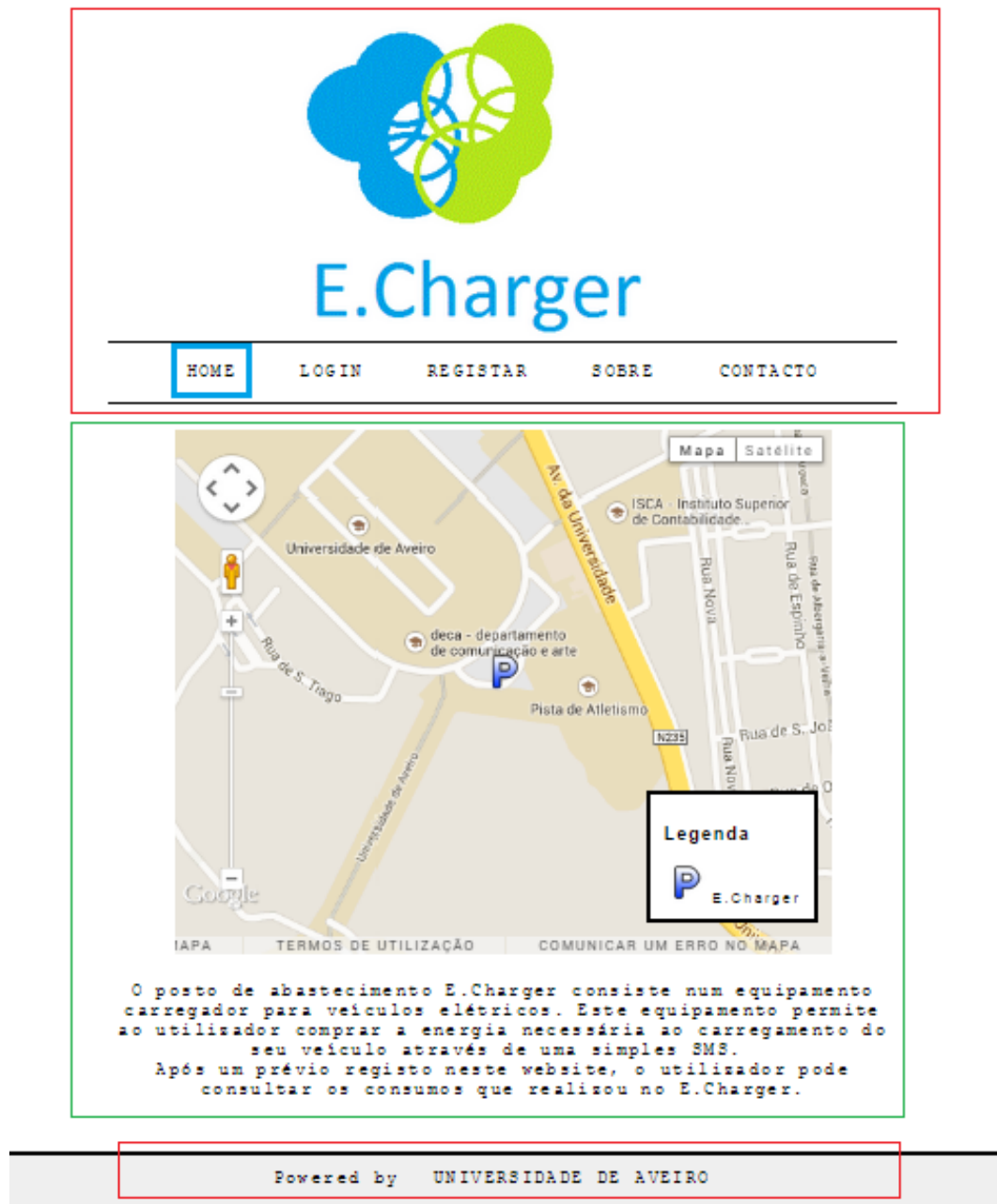


Figura 5.5: Página principal E.Charger.

rápida e apresentar mais compatibilidade com dispositivos móveis e também com aplicações Web tradicionais em computadores.

A *Google Maps JavaScript API V3* é um serviço gratuito, disponível para qualquer site que o público possa usar gratuitamente. [Developers] A utilização desta API permite então, apresentar aos utilizadores a localização dos postos de abastecimento existentes.

Na página "Registo", permite a um utilizador novo o registo no site. Como se pode visualizar na Figura 5.6, esta secção pede os seguintes dados:

- Nome;
- Número de Telefone - apenas permite a inserção de nove dígitos, não permitindo letras;
- Data de nascimento - personalizada para apenas inserir datas válidas a partir de 18 anos;
- E-mail - apenas permite inserir e-mails com um caracter @ e um ponto (.);
- Password - permite ao utilizador gravar os dados ocultos.

Após as caixas de texto, esta página contém dois botões: o botão Apagar permite limpar todas as caixas de texto até aí preenchidas; o botão Enviar envia todos os dados até aí preenchidos para a base de dados criada para o efeito. Antes de serem enviados os dados para a base de dados, é verificado se já existe algum cliente registado com o mesmo número de telefone ou com o mesmo e-mail.

No final, se o registo foi bem efetuado, mostra ao utilizador uma caixa de aviso (Figura 5.7) que informa o utilizador que o registo foi bem efetuado, e que após o clique no botão OK, o encaminha para a página *Home*. Se o registo não for bem sucedido (no caso de já existir o mesmo número de telefone ou o mesmo mail), aparece ao utilizador uma caixa idêntica à da Figura 5.7, mas a informar que não foi bem efetuado, e encaminha de novo para a página de Registo.

Na página do *Login*, existe o formulário de entrada para a página dos consumos. Se o *Login* for efetuado pelo cliente que efetuou registo previamente, ao inserir o seu e-mail e a sua password, terá acesso aos consumos efetuados pelo número de telemóvel que está associado a este registo. Se o *Login* for efetuado pelo administrador da página, ao inserir as credenciais de administrador (admin), este encaminha para a página que demonstra os consumos efetuados no posto E.Charger, bem como os consumos dos clientes.

Como se pode visualizar na Figura 5.9, é pedido o E-mail e a password. Antes de ser feito o *Login*, são verificadas duas restrições: primeiro se existe um *Login* com o email inserido, e segundo se o email e a password estão corretas, através da base de dados. Se ambas não estiverem corretas, ao fazer *Login* aparece uma caixa de aviso, como a da Figura 5.7, mas a mencionar que o *Login* não foi efetuado.

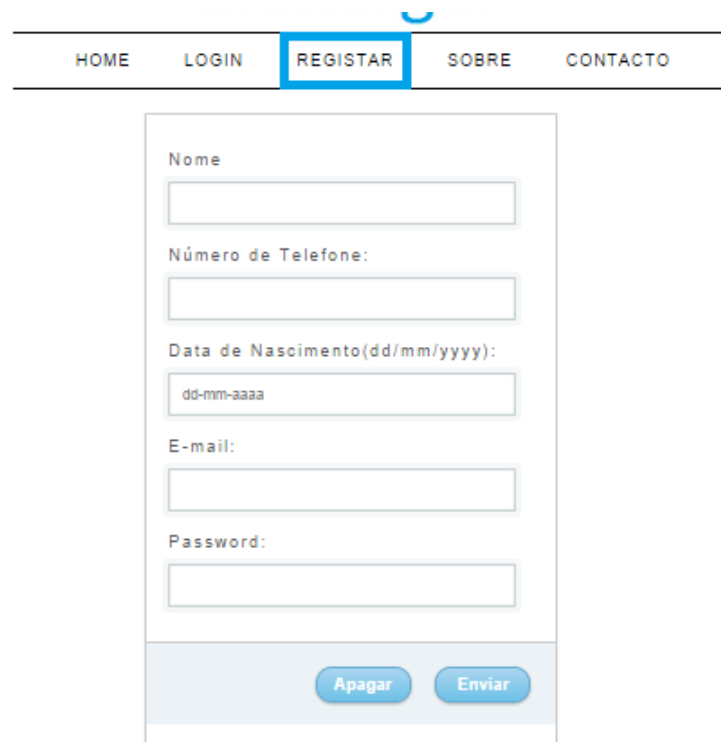


Figura 5.6: Pagina para fazer registo.

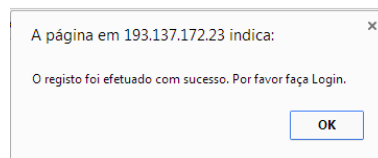


Figura 5.7: Caixa de aviso de registo efetuado.

Na Página "Cliente", aparece, como já foi referido, um gráfico com os consumos efetuados no posto *E.Charger*, associado ao *Login* efetuado. Para uma melhor visualização, é colocado o número associado aos consumos do cliente.

O gráfico que se pode visualizar na Figura 5.8 é elaborado através de uma API da *Google*. Como foi referido anteriormente, essa API disponibiliza gratuitamente gráficos base possíveis de manipular. Neste caso, foi criado um gráfico de barras com valores provenientes da base de dados, que permite saber ao certo o valor do consumo do cliente em Ws, com a data em que fez o consumo. Os valores estão em Ws (watts segundo), uma vez que os testes elaborados com a lâmpada, tinham duração curta, não chegando a obter consumos de unidades de kwh (quilo watt hora). Tem ainda a possibilidade de confirmar o valor referentes a cada barra, passando o ponteiro por cima, uma vez que salienta o valor ali estimado. Este tipo de gráficos permite alterar o estilo (barras, linhas, circular) e as cores (por exemplo).

Nesta página, pode-se também observar um botão de *LogOut* que permite ao utilizador terminar sessão, voltando para a página *Home*, bem como permite ao utilizador ver o número

de telefone associado aos consumos do gráfico.



O gráfico visualizado possui a energia por Ws, uma vez que o protótipo foi elaborado para uma lâmpada e seria mais prático para a realização de testes. Bem como os tempos de consumo, são efetuados com a diferença de alguns minutos, daí a escala reduzida.

Figura 5.8: Pagina do cliente

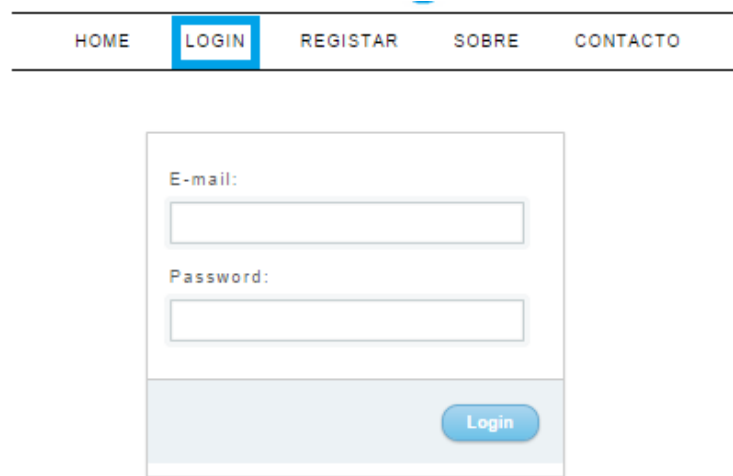


Figura 5.9: Página para fazer *Login*.

Na página de Administrador, pode-se visualizar, como já foi referido, os consumos existentes no Posto *E.Charger* de todos os clientes, através de um gráfico (Figura 5.10). Neste caso o gráfico também utiliza a API da *Google*, no entanto é modificado para um gráfico de linhas.

Aqui é possível ao administrador visualizar os registos efetuados na página, bem como consultar individualmente os consumos de cada cliente. Para isso basta na caixa de texto presente, inserir o número de telefone associado ao cliente em questão e clicar no botão *Search* (Figura 5.11), e aí são disponibilizados todos os consumos efetuados pelo número de telefone pesquisado. Nas figuras apresentadas alguns números de telefone estão rasurados para privacidade das pessoas que testaram o produto.

Na página "Sobre"(Figura 5.12) e na página "Contacto"(Figura 5.13) apenas são explicados alguns pormenores do projeto, bem como quem o elaborou e a orientação, tanto como o contacto da pessoa que o desenvolveu respetivamente.

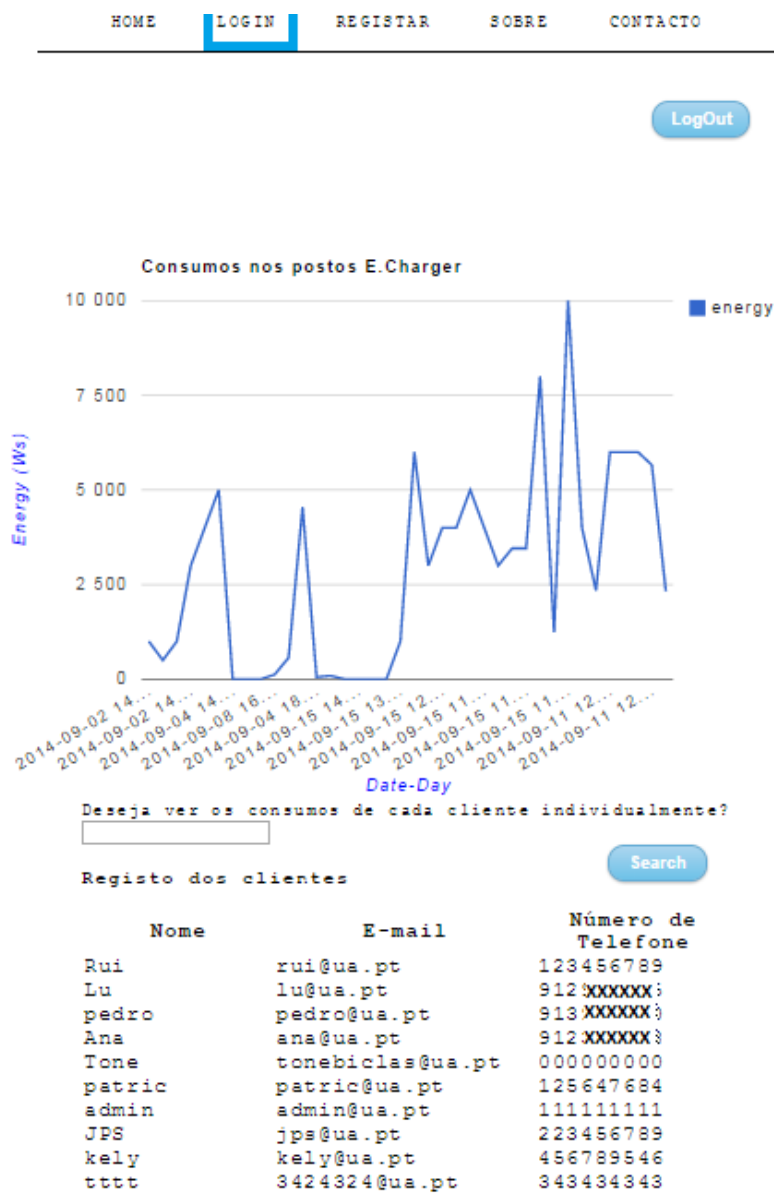


Figura 5.10: Pagina de administrador.

14- 2014- 2014- 2014- 2014- 2014- 2014- 2014- 2014- 2014- 2014- 2014-

Date-Day

Deseja ver os consumos de cada cliente individualmente?

Registo de Clientes

Search

Número de telemóvel	Consumo	Data de carregamento
913 XXXXXXXX:	500	2014-09-02 14:49:45
913 XXXXXXXX:	567	2014-09-05 11:55:40
913 XXXXXXXX:	1234	2014-09-19 20:12:32

Figura 5.11: Pesquisa por cliente.

HOME LOGIN REGISTRAR **SOBRE** CONTACTO

Projecto desenvolvido no âmbito da Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica.
Orientado pelo Professor Doutor José Paulo Santos

Figura 5.12: Pagina Sobre o projeto criado.

HOME LOGIN REGISTRAR SOBRE **CONTACTO**

Universidade de Aveiro
Desenvolvido por Luísa Azeredo
azeredo@ua.pt

Figura 5.13: Pagina com o Contacto do projeto.

Capítulo 6

Conclusões e Trabalho futuro

6.1 Conclusões

O projeto e construção do posto de abastecimento para veículos elétricos, objeto desta dissertação, foi concluído com sucesso. Os objetivos iniciais foram plenamente alcançados destacando-se as seguintes funcionalidades: envio e recepção de SMS pelo posto, medição do consumo elétrico, envio de dados para uma base de dados e criação de uma página web para visualizar esses consumos.

O estudo dos diversos postos de abastecimento apresentados no capítulo 2, resultou numa visão integrada das tecnologias e funcionalidades necessárias ao desenvolvimento do sistema proposto nesta dissertação. Uma vez que só assim foi possível desenvolver uma solução melhorada do que já existe no mercado, de forma a ser um produto competitivo.

Ao longo da implementação e construção do sistema surgiram diversos contratemplos que obrigaram à reformulação de alguns processos. Salientam-se as dificuldades na calibração dos dados pelo microcontrolador, na programação das interrupções do microcontrolador e na comunicação deste com o modem GSM, especialmente na definição dos tempos de espera, das confirmações dos pedidos feitos ao modem.

Após o desenvolvimento deste protótipo, conclui-se que se devia ter optado por um medidor de corrente mais preciso, uma vez que se obteve alguns pequenos erros de medição nos testes efetuados. Também neste protótipo será necessário alterar alguns equipamentos, para que seja possível carregar um veículo elétrico com uma corrente cerca de 16A a 32A, que neste caso assegura apenas 4A no triac.

Neste produto também será necessário implementar proteções na caixa do produto, bem como desenvolver uma caixa exterior num material resistente a diferenças de temperatura elevadas (p.ex. -25°C a mais de 50°C) com isolamento à prova de água (Índice de proteção de 67). Por esse motivo, propõe-se uma caixa desenvolvida em material Polipropileno (PP), que é de baixo custo mas tem alta resistência ao impacto e boa estabilidade térmica. Este material também permite fazer um posto de abastecimento apelativo com forma invulgar, uma vez que o PP é de fácil moldagem e coloração. A nível de interior, será necessário fazer um estudo sobre os protocolos de carga, de forma a implementar proteções de sobrecarga de corrente,

para que se mantenha a segurança do utilizador.

A este protótipo ainda é preciso ser adicionada a cobrança da energia fornecida a partir do cartão SIM, uma vez que houve contacto com operadoras, mas não foi possível estabelecer um contrato que o permitisse, para o teste do equipamento a esse nível.

O desenvolvimento deste projeto permitiu ainda adquirir conhecimentos de diferentes áreas, nomeadamente de eletrotecnia, eletrónica, sistemas digitais, instrumentação e comunicações móveis, tendo sido assim um trabalho deveras enriquecedor, uma vez que no mestrado em questão essas áreas não são muito desenvolvidas.

A Internet mostrou-se um recurso essencial no desenvolvimento deste projeto, tendo sido fundamental na análise do estado da arte, no contacto com os fabricantes e os fornecedores do material e na pesquisa de soluções para alguns dos problemas encontrados.

6.2 Trabalho Futuro

Perante as conclusões obtidas do trabalho desenvolvido para esta dissertação, torna-se viável a sugestão de futuras implementações com base neste. Propõe-se:

- Adicionar um novo sensor de corrente a fim de melhorar a aquisição de dados, no sentido de ter mais precisão;
- Criação de aplicação *Android* ou *Windows Mobile*, para que seja mais fácil a consulta dos consumos;
- Projeto com micro geração de energia, com aplicação de painéis fotovoltaicos, para que a empresa administradora do produto possa fazer preços mais económicos;
- Criação de contrato com uma empresa operadora de redes GSM para que seja possível a venda de energia ao cliente e a cobrança monetária, com adição de fatura de gastos diferenciados por telecomunicações e energia.
- Criação da caixa para o produto num material resistente a variação de temperatura e ao impacto, com implementação de tomadas com proteção de sobrecarga de corrente.

Bibliografia

- [Analog, 2014] Analog (2014). Ad623. Available from: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD623.pdf.
- [Arif et al., 2013] Arif, A., Ai-hussain, M., Ai-mutairi, N., and Ai-ammar, E. (2013). Experimental study and design of smart energy meter for the smart grid. pages 1–6.
- [Automotive] Automotive. Electric vehicle sales uk on the rise marketing in automotive; consultado em: 27/05/2014. Available from: http://www.marketinginautomotive.com/electric_vehicle_sales_uk/.
- [Balsa, 2013] Balsa, J. (2013). Avaliação do impacto da introdução de veículos elétricos na procura de combustíveis em portugal; consultado em:27/05/2014. Available from: https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/24945/1/Tese_vf.pdf.
- [Barbosa, 2012a] Barbosa, A. (2012a). Redes de abastecimento para veículos eletricos; consultado em:27/05/2014. Available from: http://ave.dee.isep.ipp.pt/~mjf/act_lect/SIAUT/Trabalhos2011-12/SIAUT_2011-12_ProjetoRenaultNissan.pdf.
- [Barbosa, 2012b] Barbosa, A. V. (2012b). Redes de abastecimento para veículos elétricos. pages 1–8.
- [BC974] BC974, N. Bc874/bc547 series datasheet; consultado em:20/08/2014. Available from: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/BC847_BC547_SER.pdf.
- [Benysek and Jarnut, 2012] Benysek, G. and Jarnut, M. (2012). Electric vehicle charging infrastructure in poland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1):320–328. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032111004059>.
- [Description et al., 2001] Description, G., Data, Q. R., Configuration, P. I. N., and Values, L. (2001). Triacs bt136 series general description quick reference data triacs bt136 series. (June):1–6.
- [Developers] Developers, G. Google maps; consultado em: 27/05/2014. Available from: <https://developers.google.com/maps/>.
- [EFACEC] EFACEC. Efacec. Available from: http://www.efacec.pt/presentationLayer/efacec_empresa_00.aspx?idioma=1&area=8&local=303&empresa=147.
- [Electrique] Electrique, F. M. Voiture et vehicule electrique - france mobilite electrique; consultado em 22/09/2014. Available from: <http://www.france-mobilite-electrique.org/?lang=fr>.

- [Electronics, 2014] Electronics, P. (2014). Efeito de hall; consultado em: 12/06/2014. Available from: http://powerelectronics.com/site-files/powerelectronics.com/files/archive/powerelectronics.com/electromechanical_devices/sensors_transducers/hall-effect-sensing_fig3.jpg.
- [Escola] Escola. Carta na escola; consultado em: 27/08/2014. Available from: <http://www.cartanaescola.com.br/single/show/91>.
- [Farinha, 2009] Farinha, D. (2009). Sistemas de telecontagem e gestão de energia em ambientes residenciais.
- [FATEK] FATEK. Plc fatek fbs 24mc; consultado em:20/10/2014. Available from: http://file.siam2web.com/saesales/product/2011526_53135.jpg.
- [Ferreira, 2011] Ferreira, N. (2011). Sistema de contagem de energia elétrica baseado em tecnologia gsm; consultado em: 12/06/2014. Available from: <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/61507/1/000148272.pdf>.
- [GreenCar] GreenCar. Green car congress: Pike forecasts more than 4.7m electric vehicle charge points to be installed worldwide by 2015; china to represent more than 1/3 of global market; consultado em:27/05/2014. Available from: <http://www.greencarcongress.com/2010/05/pike-20100525.html>.
- [Honeywell, 2014] Honeywell (2014). Csla1cd honeywell. Available from: <http://media.digikey.com/Photos/Honeywell%20Photos/CSLA1CE.JPG>.
- [HTML5] HTML5. Html5; consultado em: 27/05/2014. Available from: <http://pt.wikipedia.org/wiki/HTML5>.
- [Instruments, 2014] Instruments, T. (2014). Tl7660 cmos voltage converter; consultado em: 12/06/2014. Available from: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tl7660.pdf>.
- [Intersil, 2014] Intersil (2014). Cmos voltage converters; consultado em: 12/06/2014. Available from: <http://www.intersil.com/content/dam/Intersil/documents/ic17/ic17660.pdf>.
- [IXYS] IXYS. Application note : An-145 advantages of solid-state relays over electro-mechanical relays application note : An-145.
- [Kisense] Kisense. Kisense; consultado em:20/08/2014. Available from: <http://www.isasensing.com/pt/pagina/98>.
- [LEM, 2014a] LEM (2014a). Lts15np lem; consultado em: 12/06/2014. Available from: <http://media.digikey.com/photos/LEM%20Photos/LTS%2015-NP,LTS%2025-NP.jpg>.
- [LEM, 2014b] LEM (2014b). Voltage transducer lv 25-p; consultado em: 12/06/2014. Available from: <http://www.lem.com/docs/products/lv%2025-p.pdf>.
- [Malhotra and Seethalakshmi, 2013] Malhotra, P. R. and Seethalakshmi, R. (2013). Automatic meter reading and theft control system by using gsm. 5(2):1–5.
- [Marktest] Marktest. Posse de telemóvel nos 92 Available from: <http://www.marktest.com/wap/a/n/id~18f8.aspx>.

- [Microchip] Microchip. Microcontrolador da microchip; consultado em:20/10/2014. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/PIC_microcontroller#mediaviewer/File:PIC_microcontrollers.jpg.
- [Microincasso] Microincasso. Microincasso; consultado em:20/08/2014. Available from: www.microincasso.nl.
- [Miguel and Miranda, 2011] Miguel, L. and Miranda, F. (2011). Veículo elétrico com interface para a rede elétrica. (June).
- [Motorola] Motorola. Moc3020 semiconductor technical data; consultado em:22/05/2014. Available from: <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/motorola/MOC3021.pdf>.
- [NXP] NXP, B. Bt136-600 data sheet; consultado em:22/05/2014. Available from: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/BT136-600.pdf.
- [OLIMEX, 2008] OLIMEX (2008). Pic-gsm development board users manual. (June).
- [OLIMEX, 2013] OLIMEX (2013). Mod-gsm development board user's manual.
- [Omron] Omron. Relay omron; consultado em:20/10/2014. Available from: <http://www.omron.com/ecb/products/pdf/en-g5le.pdf>.
- [Point] Point, C. Charge point mobile app; consultado em: 06/10/2014. Available from: <http://www.chargepoint.com/mobile>.
- [Portugal, 2014] Portugal, G. (2014). Compromisso para o crescimento verde. page 6.
- [Rashdi et al., 2012] Rashdi, A., Malik, R., Rashid, S., Ajmal, A., and Sadiq, S. (2012). Remote energy monitoring, profiling and control through GSM network. *2012 International Conference on Innovations in Information Technology (IIT)*, pages 184–188. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6207728>.
- [Reis, 2010] Reis, L. (2010). Modelo e sistema de carregamento para veículos eléctricos em portugal.
- [Research] Research, P. PIKE RESEARCH: SALES OF ELECTRIC CARS TO HIT 358,000 BY 2017, CALIFORNIA LEADS THE WAY, EV CHARGING STATIONS TO LAG BEHIND - PBT; Consultado em: 20/08/2014. Available from: <http://tommytoy.typepad.com>.
- [Sbordone et al., 2014] Sbordone, D., Bertini, I., Di Pietra, B., Falvo, M., Genovese, a., and Martirano, L. (2014). Ev fast charging stations and energy storage technologies: A real implementation in the smart micro grid paradigm. *Electric Power Systems Research*. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378779614002880>.
- [Scholar, 2013] Scholar, P. G. (2013). Gsm based automatic energy meter reading system with instant billing. pages 65–72.
- [Semiconductors et al.] Semiconductors, V., Data, M., and Table, P. Small signal transistors (npn). (85113):1–9.

- [Solutions] Solutions, E. Av home ev chargers – aerovironment, inc. online store. Available from: <http://store.evsolutions.com/av-home-ev-chargers-c13.aspx>.
- [Source and Driver, 1995] Source, G.-a.-d. I. and Driver, O.-c. S. T. (1995). Moc3020 thru moc3023 optocouplers/optoisolators. (October 1986).
- [Specification] Specification, S. Sim300d at command set software.
- [Stations] Stations, C. C. Ct4000 family. pages 1–4.
- [Technology, 2006] Technology, M. (2006). Pic18f97j60 family 1 mbit flash microcontrollers with ethernet.
- [Wattstation] Wattstation. Wattstation; consultado em:20/08/2014. Available from: <https://www.gewattstation.com/connect/>.
- [Yuan et al., 2012] Yuan, Z., Xu, H., Han, H., and Zhao, Y. (2012). Research of smart charging management system for electric vehicles based on wireless communication networks. *2012 IEEE 6th International Conference on Information and Automation for Sustainability*, pages 242–247. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6419910>.

Apêndice A

Diagramas

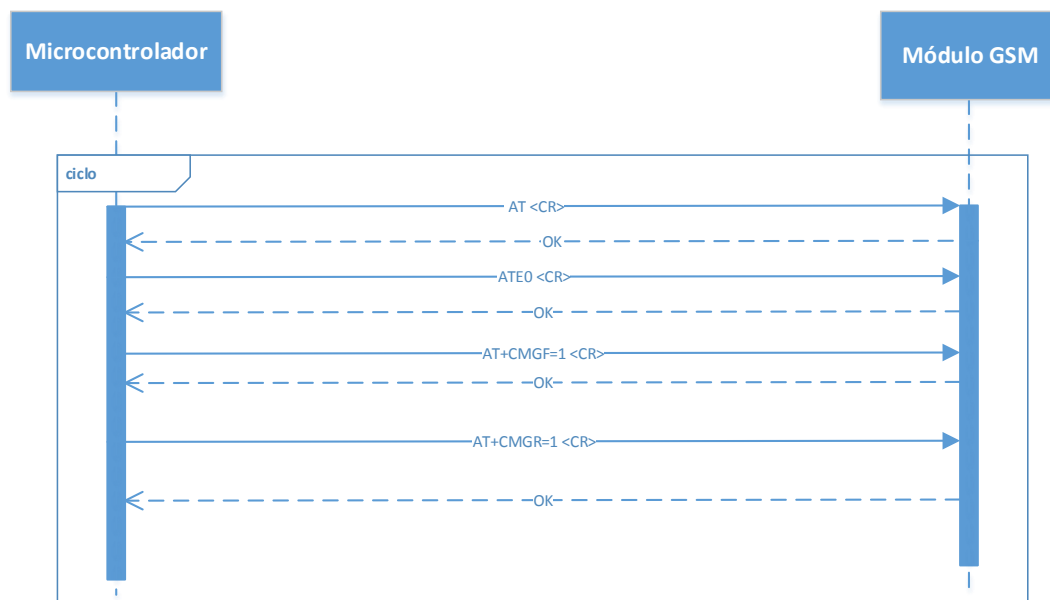


Figura A.1: Diagrama de comandos em ciclo normal.

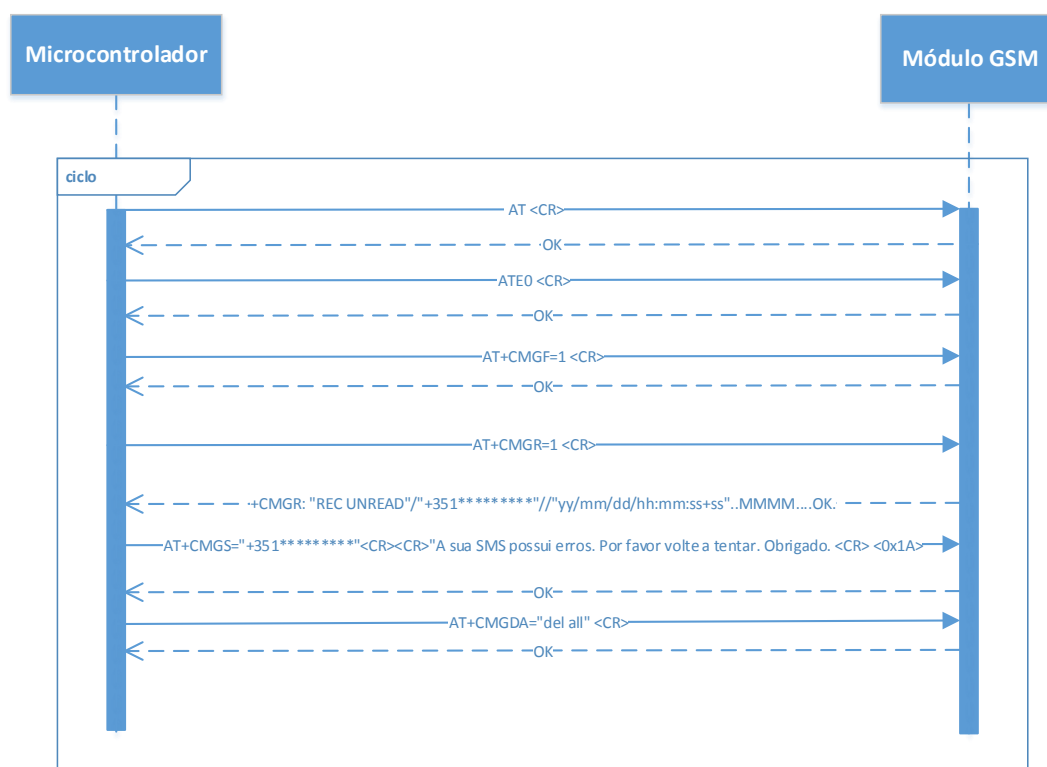


Figura A.2: Diagrama de envio/recepção de SMS quando há erros.

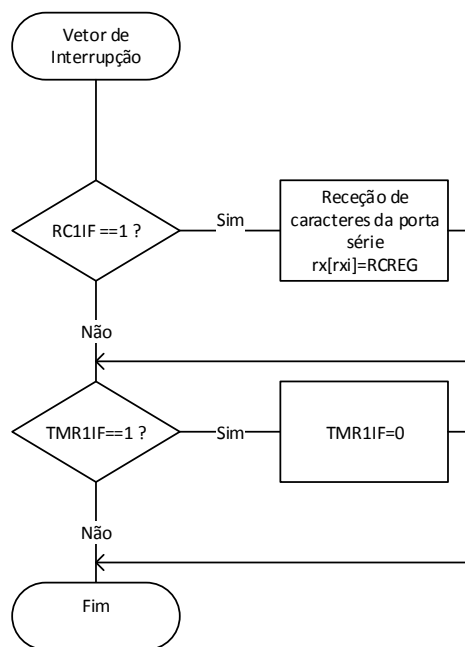


Figura A.3: Vetor Interrupção do Pic 18f97J60

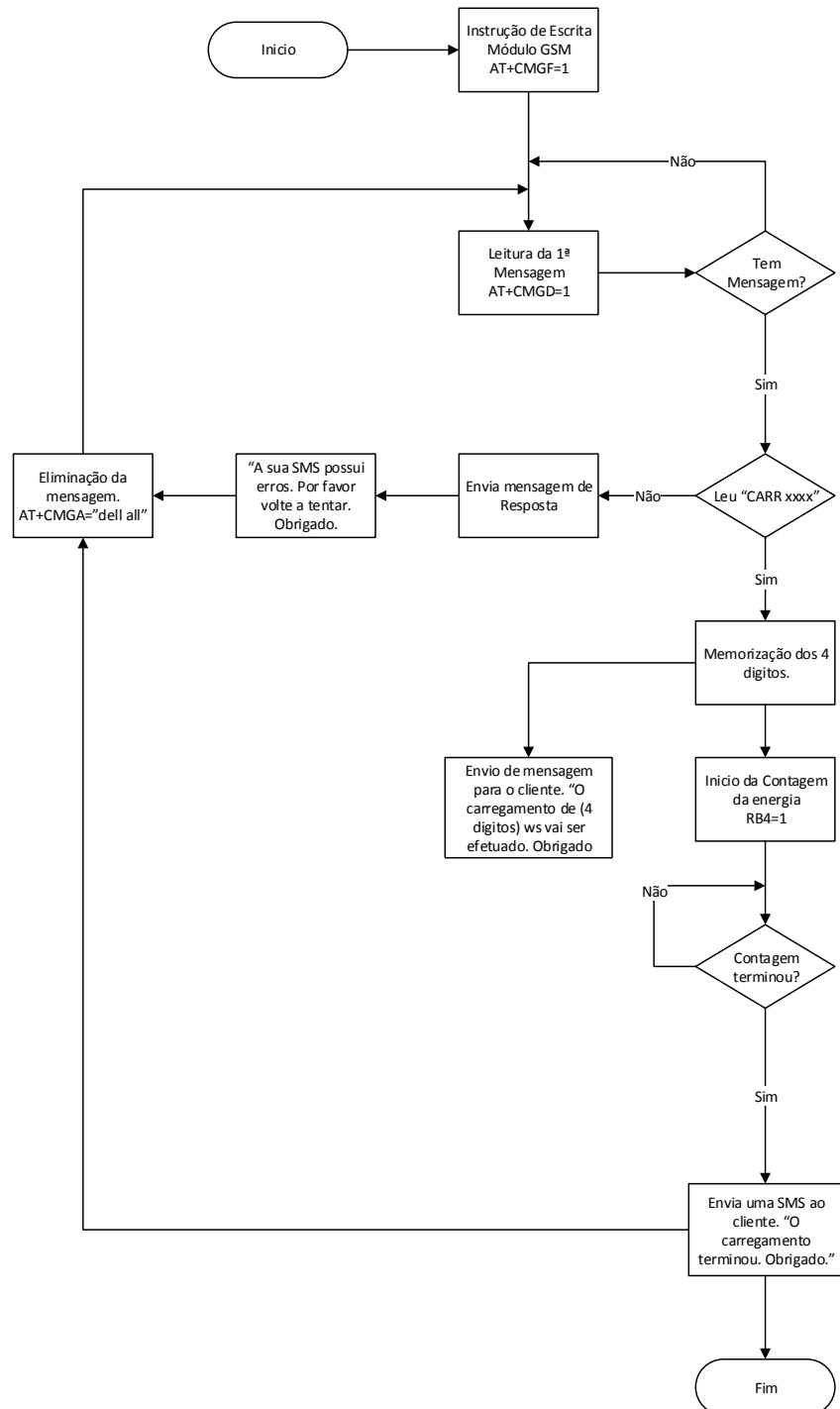


Figura A.4: Diagrama geral do Pic 18f97J60

Apêndice B

Esquemas Elétricos

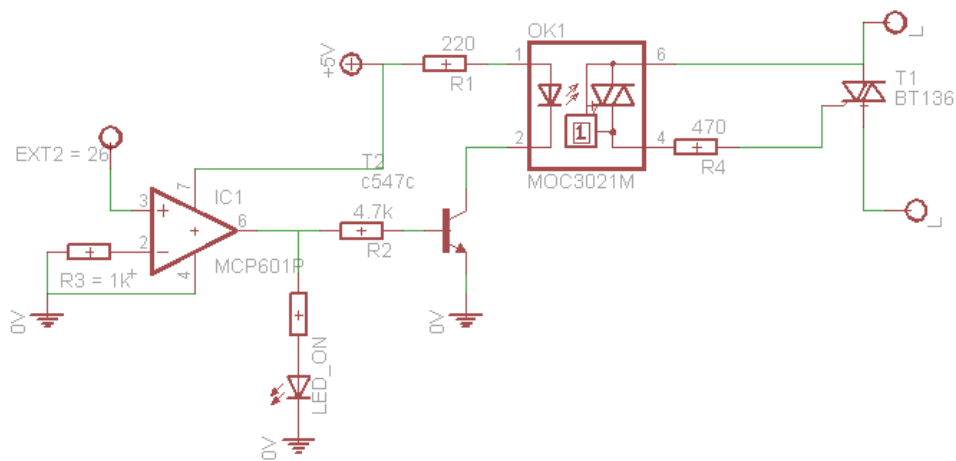


Figura B.1: Esquema representativo de montagem módulo Triac

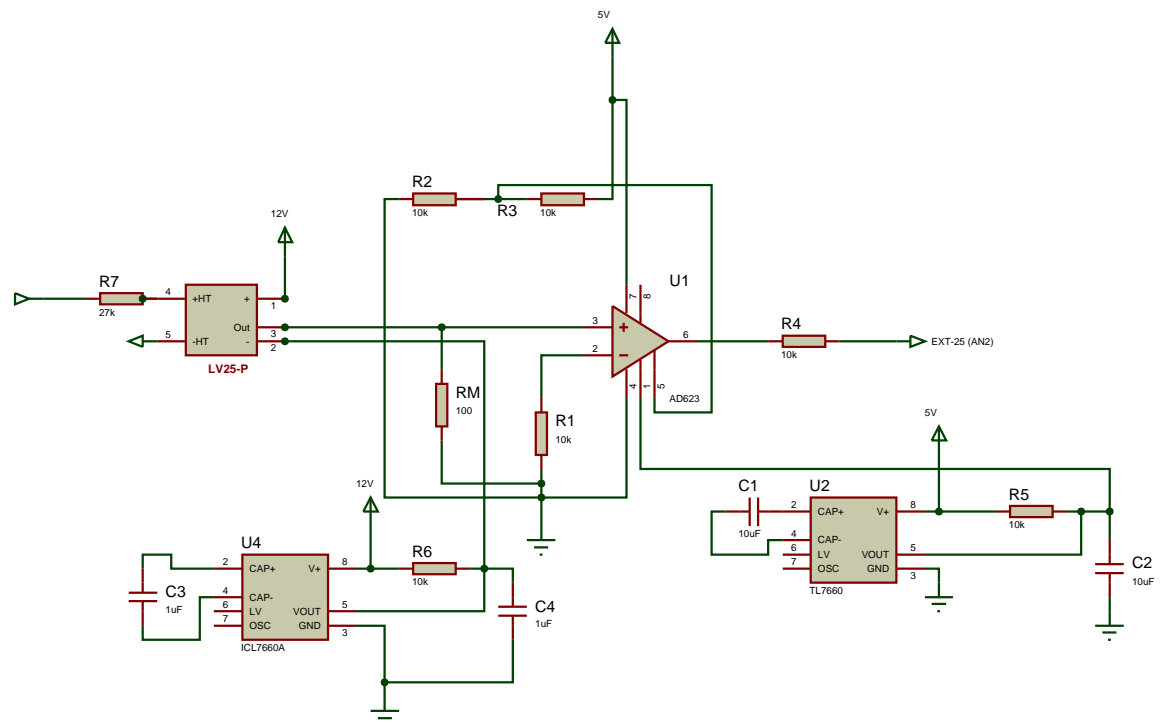


Figura B.2: Esquema representativo de montagem do transdutor de tensao

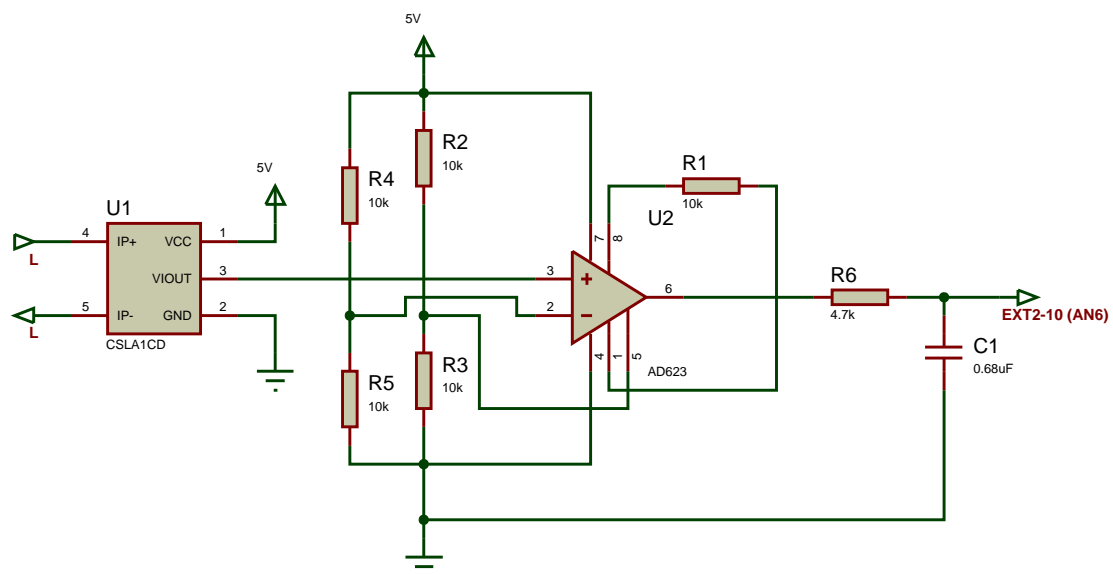


Figura B.3: Esquema representativo de montagem do transdutor de corrente

